

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 8 月 18 日 (18.08.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/075803 A1

(51) 国際特許分類⁷: F02D 41/04, 13/02, F02P 5/15
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/001334
(22) 国際出願日: 2004 年 2 月 9 日 (09.02.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒100-8280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 角谷 啓

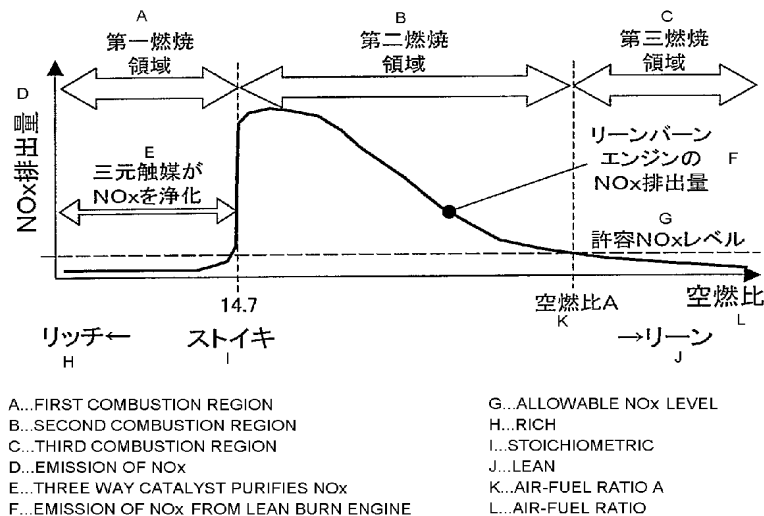
(KAKUYA, Hiromu) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号株式会社日立製作所日立研究所内 Ibaraki (JP). 中川 慎二 (NAKAGAWA, Shinji) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号株式会社日立製作所日立研究所内 Ibaraki (JP). 山岡 士朗 (YAMAOKA, Shiro) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号株式会社日立製作所日立研究所内 Ibaraki (JP). 島田 敦史 (SHIMADA, Atsushi) [JP/JP]; 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号株式会社日立製作所日立研究所内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 平木 祐輔 (HIRAKI, Yusuke); 〒1050001 東京都港区虎ノ門4丁目3番20号 神宮町MTビル 19階 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: ENGINE CONTROLLER

(54) 発明の名称: エンジンの制御装置



(57) Abstract: First, second and third combustion regions defined by the air-fuel ratio of mixing gas being combusted are used. When a switching is made from the first combustion region to the third combustion region and from the third combustion region to the first combustion region, i.e. when passing through the second combustion region, emission of Nox on the downstream of an exhaust emission purifier is estimated online and variation in torque is estimated online when passing through the second combustion region. In order to set the emission of Nox on the downstream of the exhaust emission purifier at a specified level or below and to set the variation in torque at a specified level or below when passing through the second combustion region based on these estimated values of emission of Nox and variation in torque, intake air flow to a combustion chamber is regulated in a mode different from normal mode, e.g. by varying the lift of an intake valve, thus preventing exhaust emission and operability from deteriorating when the combustion region is switched.

(57) 要約: 燃焼領域として、燃焼に供される混合気の空燃比で規定される第一、第二、及び第三燃焼領域を使用するようにされ、第一燃焼領域→第三燃焼領域及び第三燃焼領域→第一燃焼領域への燃焼領域切換時、つまり、第二燃焼領域通過時における

[続葉有]



WO 2005/075803 A1



(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

排気浄化装置下流のNO_x排出量をオンラインで推定するとともに、第二燃焼領域通過時におけるトルク変動量をオンラインで推定し、それらのNO_x排出量推定値及びトルク変動量推定値に基づいて、第二燃焼領域通過時における排気浄化装置下流のNO_x排出量を所定値以下、かつ、第二燃焼領域通過時におけるトルク変動量を所定値以下とすべく、燃焼室に吸入される吸入空気量を、通常時とは異なる態様、例えば、吸気弁のリフト量を変えることにより調整し、前記燃焼領域切替時の排気エミッションの悪化と運転性の悪化を防止するようにされる。

明 細 書

エンジンの制御装置

技術分野

本発明は、エンジンの制御装置に係り、特に、空燃比で規定される第一、第二、及び第三の燃焼領域を使用するようにされ、第一燃焼領域→第三燃焼領域及び第三燃焼領域→第一燃焼領域への燃焼領域切換時における、排気エミッションの悪化と運転性悪化を効果的に抑えることができるようにされたエンジンの制御装置に関する。

背景技術

自動車等で使用されるエンジンにおいて、燃費向上を目的として、理論空燃比（以下、ストイキと称す）よりも空気量が過多のリーン空燃比での燃焼と、リッチ空燃比又はストイキでの燃焼との燃焼切り換えを行うリーンバーンエンジンが実用化されている（図1参照）。例えば、吸気通路の下流端部を構成する吸気ポート付近で燃料を噴射する方式（ポート噴射）で空燃比20～25程度のリーン燃焼を行うものや、シリンダ（燃焼室）内に直接燃料を噴射する方式（筒内噴射）で層状混合気を形成して空燃比が40～50といった極めてリーンな領域で燃焼を行うものがある。これらは、リーンな燃焼、すなわちシリンダ（燃焼室）に吸入される空気量を増やすことによって、ポンピング損失や熱損失を少なくして燃費を向上させている。

ストイキでの燃焼を行う場合には、排気通路に設けられた三元触媒によって、排気ガス中のHC、CO、NO_xを同時に酸化還元して浄化することができるが、リーン空燃比での燃焼では排気ガスが酸素過剰状態となるため、NO_xの還元が困難である。このため、排気ガスの空燃比がリーン（空気過多）であるときに、排気ガスのNO_xを貯蔵し、空燃比がリッチ（燃料過多）であるときにNO_xを放出して、還元又は接触還元等するリーンNO_x触媒を排気通路における三元排気浄化装置下流に配置し、混合気の空燃比を所定の周期でリーン空燃比からスト

イキ又はリッチ空燃比に一時的に変化させてリーン NO_x 触媒に貯蔵された NO_x を放出又は還元させ、 NO_x 貯蔵能力を回復させるようにしたエンジンの排気浄化装置が考えられている（例えば、特開2001-241320公報参照）。

上記のリーン NO_x 触媒は、排気ガスの空燃比により変化し、燃焼室内の混合気の空燃比又はリーン NO_x 触媒の入口空燃比が約1.7以上の場合に高い NO_x 貯蔵能力があるが、ストイキから約1.7以下の空燃比においては NO_x を浄化する能力が低く、排気ガス中のほとんどの NO_x を貯蔵できずに通過させるという問題がある（図2参照）。

かかる問題を解決するための技術として、従来、リーン空燃比での燃焼とストイキ又はリッチ空燃比での燃焼を切り換える際に、空燃比が NO_x を浄化又は貯蔵が不可能な領域の滞在時間を可能な限り短くすることが提案されている。

NO_x 排出量を低減させるための燃焼領域切換技術は、例えば、リーン空燃比からストイキ又はリッチ空燃比へ切り換える際には、燃焼室に吸入される空気量を調節するスロットル弁の開度を減じて、空気量を減少させる操作と同時に、スロットル弁開度の変化に対する空気量の伝達遅れを補償するように、燃料供給量（燃料噴射量）を一時的に増加させて空燃比をスキップ変化させ、燃料噴射量の増加により発生するエンジントルクの変動を点火時期をリタードさせる（遅らせる）ことで排気エミッションの悪化と運転性の悪化を防止している。なお、この種の制御を行うエンジンの制御装置としては、例えば、特開平7-189799号公報に所載のものが挙げられる。

ところで、リーンバーンエンジンはリーン燃焼により燃費向上を図るものであるが、上述の通り、リーン運転中の NO_x 排出量を低減するために、排気通路にリーン NO_x 触媒を設ける必要がある。これにより、燃費の向上代がリーン NO_x 触媒装備によるコストアップ分に打ち消されてしまうことから、コスト低減のためにリーン NO_x 触媒を装備しないシステムが検討されている。

リーンバーンエンジンの NO_x 排出量を図3に示す。図3に示されるように、リーン NO_x 触媒を装備した場合には、ストイキからリッチ空燃比と、空燃比が1.7近傍からリーンの場合に NO_x 浄化率が高く、 NO_x 排出量が低減可能であるが、リーン NO_x 触媒を未装備の場合には、空燃比が約1.7近傍よりリーンの

領域での NO_x 排出量が増大し、排気通路出口より NO_x を多量に排出する空燃比領域がストイキから空燃比Aまでと、リーン NO_x 触媒が装備されている場合よりも拡大する。従って、リーン NO_x 触媒を装備していないリーンバーンエンジンの NO_x 排出量を低減するためには、 NO_x 排出量が増大する広い空燃比領域（ストイキ～空燃比A）を速やかに通過して、ストイキ又はリッチ空燃比での燃焼と空燃比Aよりリーン空燃比での燃焼とを切り換える燃焼領域切換技術が必要である。

燃焼領域切換時の NO_x 排出量を低減するために、従来技術を適用した場合、空気量と燃料噴射量を操作（増減）することにより空燃比を切り換えることが可能であり、 NO_x 排出量を低減することができる。しかしながら、空燃比の切換時の変化幅が大きいため、空燃比の切り換えに必要な燃料噴射量操作幅も大きくなり、燃焼領域切換時の燃料噴射量操作分によるトルク変動量が増大する。このトルク変動量低減のために、上述のように点火時期のリタードを行うのであるが、燃料噴射量操作幅が大きく、点火時期リタード実施によっても、トルク変動を完全には抑制することができない。

また、リーンバーンエンジンと同様に、リーン燃焼による燃費向上を図った圧縮着火エンジンが提案されている。この圧縮着火エンジンは、従来ガソリンエンジンでは成しえない超リーン空燃比領域（空燃比80以上）の運転が可能であり、火炎温度低下及び均一混合気による着火燃焼を実現することから、 NO_x 排出量の大幅な低減を可能とする（例えば、特開2003-106184号公報参照）。

上記圧縮着火エンジンは高精度な着火制御が必要であるため、高負荷、高回転での実施が困難であり、低負荷、低回転数領域のみで圧縮着火を行うという特徴がある（図4参照）。そして、かかる圧縮着火エンジンでは、リーン燃焼時の NO_x 排出量を低減可能であるが、 NO_x 排出量が空燃比に依存し、空燃比が20近傍からリーン領域では NO_x が数十ppm以下の排出量であるものの、空燃比がストイキから20近傍以下の領域内では数百ppm程度の NO_x を排出してしまうということを本発明者は見出した（図5参照）。従って、リーンバーンエンジンと同様、 NO_x 排出量低減を目的として、ストイキからリッチ空燃比での燃焼と20以上のリーン空燃比での燃焼を切り換える燃焼領域切換技術が必要で

ある。

上述の圧縮着火エンジンに従来技術を適用した場合、空気量と燃料噴射量を操作することで燃焼領域切換時の NO_x 排出量を低減可能である。しかしながら、リーン NO_x 触媒を装備しないリーンバーンエンジンと同様に、燃焼を切り換えた際の空燃比の変化量が大きく、燃料噴射量操作によるトルク変動量を点火時期のリタードで完全には抑制することができない。

すなわち、リーン NO_x 触媒を装備していないリーンバーンエンジンと圧縮着火エンジンの例で述べたように、前記従来技術は、燃焼領域切換時に必要な空燃比の変化幅が大きくなった場合について配慮されておらず、燃焼領域切換時の排気エミッションの悪化は防止可能であるが、トルク変動を充分には抑制することができないという課題があった。

本発明は、上記課題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、ストイキ又はリッチ空燃比での燃焼とリーン空燃比での燃焼とを切り換える際に、 NO_x 排出量の増大による排気エミッション悪化と、トルク変動の発生による運転性悪化を共に効果的に抑えることができるようにされたエンジンの制御装置を提供することにある。

発明の開示

前記目的を達成すべく、本発明に係るエンジンの制御装置は、基本的には、ストイキよりリッチな空燃比で NO_x を浄化する機能を持つ排気浄化装置を備え、燃焼領域として、燃焼に供される混合気の空燃比がリッチからリーンとなる順序で規定される第一燃焼領域、第二燃焼領域、及び第三燃焼領域を使用するようにされ、前記第一燃焼領域から前記第二燃焼領域を通過して前記第三燃焼領域への燃焼領域切換、及び、前記第三燃焼領域から前記第二燃焼領域を通過して前記第一燃焼領域への燃焼領域切換を行うようにされる。

そして、前記第二燃焼領域通過時における排気浄化装置下流の NO_x 排出量及びトルク変動量を可及的に低減すべく、前記燃焼領域切換時に、燃焼室に吸入される吸入空気量を通常時とは異なる態様で制御する燃焼制御手段を備えていることを特徴としている。

より具体的な好ましい態様では、前記第二燃焼領域通過時における前記排気浄化装置下流の NO_x 排出量をオンラインで推定する NO_x 排出量推定手段と、前記第二燃焼領域通過時におけるトルク変動量をオンラインで推定するトルク変動量推定手段と、前記 NO_x 排出量推定値及び前記トルク変動量推定値に基づいて、前記第二燃焼領域通過時における前記排気浄化装置下流の NO_x 排出量を所定値以下、かつ、前記第二燃焼領域通過時におけるトルク変動量を所定値以下とする制御を行う燃焼制御手段と、を備える。

前記 NO_x 排出量推定手段は、好ましくは、燃焼に供される混合気の空燃比、エンジン回転数、エンジントルク、及び燃焼室に導入されたEGR量もしくは燃焼室内に残留するEGR量に基づいて、前記第二燃焼領域通過時における前記排気浄化装置入口の NO_x 排出量を推定する排気浄化装置入口 NO_x 排出量推定手段と、前記排気浄化装置入口の空燃比、前記排気浄化装置の温度、及び前記排気浄化装置入口の推定 NO_x 排出量に基づいて、前記排気浄化装置出口の NO_x 排出量を推定する触媒モデルと、を備える。

前記 NO_x 排出量推定手段は、好ましくは、前記燃焼領域切換に要する期間を T_1 とし、該期間 T_1 よりも十分に短い期間を T_2 として、該期間 T_2 毎に演算される NO_x 濃度を前記期間 T_1 だけ積算することにより、前記燃焼領域切換時の前記排気浄化装置下流の NO_x 排出量を推定するようにされる。

他の好ましい態様では、前記排気浄化装置上流側又は下流側において排気ガス中の NO_x 濃度を検出する空燃比センサを備え、前記 NO_x 排出量推定手段は、前記空燃比センサの出力に基づいて、前記 NO_x 排出量を推定する際のパラメータを調整するようにされる。

前記トルク変動量推定手段は、好ましくは、前記第二燃焼領域通過時における燃料供給量及びエンジン回転数に基づいて、前記トルク変動量を推定するようにされる。

前記トルク変動量推定手段は、好ましくは、前記燃焼領域切換時に、所定時間内でスロットル弁の開度を変化させて前記吸入空気量を変化させ、その際、前記スロットル弁の変化に対する前記吸入空気量の変化の時間遅れを補償するために行われる燃料供給量補正に起因して発生するトルク変動分に基づいて、前記トル

ク変動量を推定するようにされる。

前記トルク変動量推定手段は、他の好ましい態様では、前記燃焼領域切換時に、点火時期をリタードさせ、その点火時期をリタードさせたことに起因して発生するトルク変動分を、前記燃料供給量補正に起因して発生するトルク変動分から減じた値に基づいて、前記トルク変動量を推定するようにされる。

好ましい他の態様では、エンジントルクを検出するトルクセンサを備え、前記トルク変動量推定手段は、前記トルクセンサの出力に基づいて、前記トルク変動量を推定する際のパラメータを調整するようにされる。

他の別の好ましい態様では、前記スロットル弁の開度変化に対する前記吸入空気量の変化の時間遅れよりも短い時間で前記吸入空気量を変化させることができる空気量可変手段を備え、前記燃焼制御手段は、前記燃料供給量補正に起因して発生する前記トルク変動分が所定値以上となる場合に、前記空気量可変手段を用いて前記吸入空気量を変化させるようにされる。

前記空気量可変手段として、好ましくは、開閉時間、開閉時期、及びリフト量のうちの少なくとも一つが可変とされた吸気弁が用いられる。

前記燃焼制御手段は、好ましくは、前記第二燃焼領域通過時において、目標空燃比の変化に対する、燃焼に供される混合気の空燃比の応答遅れが所定値以上となる場合、前記燃焼に供される混合気の空燃比を所定時間内で変化させるように燃料供給量を補正するようにされる。

前記燃焼制御手段は、他の好ましい態様では、前記第二燃焼領域通過時において、燃料供給量の補正によって前記トルク変動が発生した際には、点火時期をリタードさせて前記トルク変動を抑制するようにされる。

他の好ましい態様においては、前記第二燃焼領域通過時における混合気の空燃比、エンジン回転数、及びエンジントルクに基づいて、前記排気浄化装置入口の空燃比を推定する排気系モデルと、該排気系モデルにより推定された前記排気浄化装置入口の空燃比から前記混合気の空燃比を推定する排気系逆モデルと、を備え、前記燃焼制御手段は、前記第二燃焼領域を通過する期間が所定値以上である場合に、前記排気系逆モデルに基づいて、前記混合気の空燃比を変化させるようにされる。

この場合、好ましくは、前記空燃比センサの出力に基づいて、前記排気系逆モデルのパラメータを調整するようにされる。

前記燃焼制御手段は、好ましくは、前記燃焼領域切換時に、前記スロットル弁から前記空気量可変手段までの空気量の応答特性を変化せるべく前記スロットル弁の開度を調整し、前記スロットル弁の開度調整と同時に前記空気量可変手段の動作を調整して前記吸入空気量を前記スロットル弁開度調整以前の吸入空気量と同等とし、その後、前記空気量可変手段の動作を制御して前記吸入空気量を変化させるようにされる。

好ましい態様では、前記第一燃焼領域は、ストイキよりリッチな空燃比領域と規定され、また、前記排気浄化装置は、リーン NO_x 触媒とされ、さらに、前記第二燃焼領域は、ストイキ及び前記リーン NO_x 触媒の NO_x 貯蔵効率が所定値以上となる空燃比領域と規定され、かつ、前記第三燃焼領域は、前記リーン NO_x 触媒の NO_x 貯蔵効率が所定値以上となる空燃比よりリーンな空燃比領域と規定される。

別の好ましい態様では、前記エンジンが圧縮着火エンジンとされ、前記排気浄化装置が三元触媒とされる。

この場合、前記第二燃焼領域は、ストイキ及び前記燃焼室の出口における NO_x 濃度が所定値以下となる空燃比領域と規定され、前記第三燃焼領域が、前記燃焼室の出口における NO_x 濃度が所定値以下となる空燃比よりリーンな空燃比領域と規定される。

前記の如くに、本発明に係るエンジンの制御装置においては、燃焼領域として、第一、第二、及び第三燃焼領域を使用するようにされ、第一燃焼領域→第三燃焼領域及び第三燃焼領域→第一燃焼領域への燃焼領域切換時、つまり、第二燃焼領域通過時における排気浄化装置下流の NO_x 排出量をオンラインで推定するとともに、第二燃焼領域通過時におけるトルク変動量をオンラインで推定し、それらの NO_x 排出量推定値及びトルク変動量推定値に基づいて、第二燃焼領域通過時における排気浄化装置下流の NO_x 排出量を所定値以下、かつ、第二燃焼領域通過時におけるトルク変動量を所定値以下とすべく、燃焼室に吸入される吸入空気量を、通常時とは異なる態様、例えば、吸気弁のリフト量を変えることにより調

整するようにされるので、前記燃焼領域切換時の排気エミッションの悪化と運転性の悪化を共に効果的に抑えることができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、ストイキ又はリッチ燃焼領域とリーン燃焼領域の例を示す図。

図 2 は、空燃比とリーン NO_x 触媒の NO_x 浄化効率の関係を示す図。

図 3 は、三元触媒を備えたリーンバーンエンジンにおける、空燃比と NO_x 排出量の関係を示す図。

図 4 は、火花点火燃焼と圧縮着火燃焼の運転領域を示す図。

図 5 は、三元触媒を備えた圧縮着火エンジンにおける、空燃比と NO_x 排出量の関係を示す図。

図 6 は、本発明に係る制御装置の第 1 実施形態を、それが適用されたエンジンと共に示す概略構成図。

図 7 は、コントロールユニットの内部構成図。。

図 8 は、第 1 実施形態における、空燃比と NO_x 排出量の関係と、空燃比と燃焼領域の関係を示す図。

図 9 は、コントロールユニットが燃焼領域切換に際して実行する処理内容を示す機能ブロック図。

図 10 は、図 9 に示される燃焼制御手段の詳細を示す機能ブロック図。

図 11 は、図 10 に示される燃焼切換推定手段の詳細を示す機能ブロック図。

図 12 は、第 1 実施形態における、吸入空気量と燃料噴射量の操作と燃焼領域切換時の NO_x 排出量との関係を示すタイムチャート。

図 13 は、第 1 実施形態における、吸入空気量、燃料噴射量、及び点火時期の操作と燃焼領域切換時のトルク変動量との関係を示すタイムチャート。

図 14 は、図 11 に示される排気伝達特性推定手段の詳細を示す機能ブロック図。

図 15 は、図 10 に示される燃焼領域切換要求手段の詳細を示す機能ブロック図。

図 16 は、図 10 に示される燃焼領域切換実現手段の一例の詳細を示す機能ブ

ロック図。

図 1 7 は、第 1 実施形態における燃焼領域切換時の制御操作説明に供されるタイムチャート。

図 1 8 は、第 1 実施形態における燃焼領域切換時の動作説明に供されるタイムチャート。

図 1 9 は、コントロールユニットが燃焼領域切換時に実行するプログラムの一例を示すフローチャート。

図 2 0 は、図 1 9 の燃焼領域切換要求処理の詳細を示すフローチャート。

図 2 1 は、図 1 9 の燃焼領域切換制御処理の詳細を示すフローチャート。

図 2 2 は、図 1 9 の推定値学習処理の詳細を示すフローチャート。

図 2 3 は、第 2 実施形態における火花点火運転時の 1 サイクル中の燃焼室内圧力の変化を示す図。

図 2 4 は、第 2 実施形態における圧縮着火運転時の 1 サイクル中の燃焼室内圧力の変化を示す図。

図 2 5 は、第 2 実施形態における火花点火燃焼時と圧縮着火燃焼時とにおける吸気弁及び排気弁のプロフィール例を示す図。

図 2 6 は、第 2 実施形態における、燃焼領域と NO_x 排出量との関係を示す図。

図 2 7 は、図 1 0 に示される燃焼領域切換実現手段の他の例の詳細を示す機能ブロック図。

図 2 8 は、第 2 実施形態における燃焼領域切換時の制御操作説明に供されるタイムチャート。

図 2 9 は、第 2 実施形態における燃焼領域切換時の動作説明に供されるタイムチャート。

発明を行うための最良の形態

以下、本発明の幾つかの実施形態を図面を参照しながら説明する。

[第 1 実施形態]

図 6 は、本発明に係る制御装置の第 1 実施形態を、それが適用されたエンジンと共に示す概略構成図である。

図示のエンジン 1 は、筒内（燃焼室 1 2 内）に直接燃料を噴射する車載用筒内噴射エンジンであり、シリンダ 1 A には例えば 4 つの気筒が設けられ、それらの各気筒にはピストン 1 5 が摺動自在に嵌挿され、このピストン 1 5 上方に燃焼室 1 2 が画成される。燃焼室 1 2 には、所定の態様で点火プラグ 4 及び燃料噴射弁 3 が臨設され、さらに、吸気通路 8 が吸気弁 5 を介して連通せしめられるとともに、排気通路 1 3 が排気弁 6 を介して連通せしめられている。吸気通路 8 には、燃焼室 1 2 に吸入される吸入空気量を計測するエアフローセンサ 1 4 や吸入空気量を調整する電制スロットル弁 2 等が配在されている。また、排気通路 1 3 には、排気浄化装置としての三元触媒 7 や該三元触媒 7 の上流側にて排気ガスの空燃比を検出する空燃比センサ 1 6 等が配在されている。さらに、前記シリンダ 1 A には、図示はされていないが、エンジン冷却水温を検出する水温センサ等が配在され、また、クランクシャフト 1 1 の位相及び回転数（エンジン回転数）を検出するためのクランク角センサ 9 等も備えられている。

前記吸気弁 5 及び排気弁 6 は、電磁コイル等からなる可変動弁機構 5 A、6 A により開閉駆動され、それらの開閉時間、開閉時期、及びリフト量は任意に変化させることができるようになっている。

前記吸気通路 8 から吸気弁 5 を介して燃焼室 1 2 内に吸入された空気に対し、燃料噴射弁 3 から燃料が噴射され、所定の空燃比（目標空燃比）の混合気が形成される。混合気は所定の点火時期で点火プラグ 4 から発生される火花により爆発燃焼し、その燃焼圧によりピストン 1 5 が押し下げられてエンジンの駆動力となる。さらに、爆発燃焼後の排気ガスは燃焼室 1 2 から排気通路 1 3 を経て三元触媒 7 に送り込まれ、HC、CO、NO_x 成分が三元触媒 7 内で浄化され、この浄化された排気ガスが外部へ排出される。

そして、前記スロットル弁 2 の開度（吸入空気量）、燃料噴射弁 3 での燃料噴射量、点火プラグ 4 による点火時期等を制御するために本実施形態の制御装置 1 0 の主要部を構成するコントロールユニット 1 0 0 が備えられている。コントロールユニット 1 0 0 は、図 7 に示される如くに、前記エアフローセンサ 1 4、空燃比センサ 1 6、クランク角センサ 9 等の出力が入力される入力回路 7 0 1 を備え、該入力回路 7 0 1 の出力は入出力ポート 7 0 2 に送られる。入出力ポート 7

02内の入力ポートの値はRAM703に保管され、CPU705内で演算処理される。演算処理内容を記述した制御プログラムはROM704に予め書き込まれている。制御プログラムに従って演算された前記スロットル弁等の各アクチュエータ操作量を示す値はRAM32に保管された後、入出力ポート702内の出力ポートに送られ、各駆動回路706、707、708、709を経て各アクチュエータに送られる。

すなわち、コントロールユニット100は、前記各センサ出力に基づいて、エンジンの運転状態を検知し、そのときの運転状態に応じて、最適な、前記スロットル弁2の開度（スロットル開度）、燃料噴射弁8による燃料噴射量、点火プラグ4による点火時期、吸気弁5及び排気弁6の開閉態様（開閉時間、開弁時期、及びリフト量）を算定する。

コントロールユニット100で算定された燃料噴射量は開弁パルス信号（噴射弁駆動信号）に変換されて燃料噴射弁3に供給される。また、コントロールユニット100で算定された点火時期で点火されるように、駆動信号が点火プラグ4に送られる。さらに、コントロールユニット100で算定されたスロットル開度となるように電制スロットル弁2に駆動信号が送られる。また、コントロールユニット100で算定された吸気弁5及び排気弁6の開閉態様（開閉時間、開弁時期、及びリフト量）が得られるように、弁駆動信号が可変動弁機構5A、5Bに送られる。

前記エンジン1における燃焼形態としては、ストイキ燃焼、均質リーン燃焼、成層リーン燃焼等がある。ストイキ燃焼は、燃焼に供される混合気の空燃比をストイキからリッチ側の空燃比とし、吸気行程中に燃料を噴射して空気との混合を行い、均質な混合気を燃焼させる。均質リーン燃焼は、混合気の空燃比をストイキからリーン側の空燃比とし、ストイキ燃焼と同様に、吸気行程中に燃料を噴射して空気との混合を行い、均質な混合気を燃焼させる。また、成層リーン燃焼は、圧縮行程で燃料を噴射して、混合気中に層状に燃料を分布させ、点火プラグ4近傍に燃料を集めることにより、均質リーン燃焼よりも更にリーンな空燃比を実現する。

図8は、エンジン1における、混合気の空燃比と排気浄化装置（三元触媒7）

下流の NO_x 排出量の関係を示したものである。ストイキよりリッチ側の空燃比領域においては、三元触媒 7 の浄化率が高く、燃焼室 1 2 から排気通路 1 3 に排出される排気ガス中の NO_x を浄化するため、外部への NO_x の排出量は少ない。これに対し、ストイキよりリーン側の空燃比領域においては、三元触媒 7 の NO_x 浄化率が極めて低いため、外部への NO_x 排出量が多くなる。

ここで、燃焼に供せられる混合気の空燃比に応じて区分けされる第一燃焼領域、第二燃焼領域、及び第三燃料領域は下記のように定義される。すなわち、第一燃焼領域は、三元触媒 7 の NO_x 浄化率が高く、三元触媒 7 下流の NO_x 排出量が数十 ppm である空燃比、すなわち、ストイキからリッチ側の空燃比領域と規定される。第二燃焼領域は、ストイキからリーン側の空燃比であり、ストイキと図 8 中の空燃比 A との間の領域と規定される。前記空燃比 A とは、例えば、 NO_x 排出量が数十 ppm である許容 NO_x レベルとなる空燃比である。また、第三燃焼領域は、前記空燃比 A よりリーン側の空燃比領域と規定される。

次に、第一燃焼領域から第二燃焼領域を通過して第三燃焼領域へと燃焼領域を切り換える、又は第三燃焼領域から第二燃焼領域を通過して第一燃焼領域へと燃焼領域を切り換える燃焼領域切換時、つまり、前記第二燃焼領域通過時において、 NO_x 排出量とトルク変動量を可及的に抑える制御について説明する。

図 9 は、コントロールユニット 1 0 0 が燃焼領域切換時に行う処理内容を示す機能ブロック図である。燃焼領域切換を要求する燃焼領域切換要求手段 9 0 1 と、燃焼領域切換を行う燃焼制御手段 9 0 2 と、燃焼領域切換に使用する推定値を学習する推定値学習手段 9 0 3 と、を備えている。

燃焼領域切換要求手段 9 0 1 は、エンジン回転数、エンジントルク、アクセル開度、水温、触媒温度等を読み込み、これらに基づいて燃焼領域切換を行うか否かを判定し、その判定結果を燃焼制御手段 9 0 2 に送る。例えば、図 1 に示される如くに、エンジン回転数とエンジン負荷（トルク）とに対応して、リーン燃焼が可能な領域をマップとして持ち、アクセル開度から目標のエンジントルクを演算し、現在の回転数と目標とするエンジントルクとが、前記マップのリーン燃焼可能な範囲にある場合には、ストイキ燃焼からリーン燃焼への燃焼領域切換を行うことが可能であるか否かを判定し、可能である場合に燃焼領域切換要求を燃焼

制御手段 902 に送る。また、燃焼制御手段 902 は、前記切換要求に従って第一燃焼領域から第三燃焼領域へ、あるいは、第三燃焼領域から第一燃焼領域へと燃焼領域を切り換える際に、 NO_x 量排出量とトルク変動量を抑制するための操作量を算出する。

燃焼制御手段 902 は、図 10 に示される如くに、燃焼領域切換推定手段 1001 と、燃焼領域切換判定手段 1002 と、燃焼領域切換実現手段 1003 とを備えている。前記燃焼領域切換推定手段 1001 は、図 11 に示される如くに、 NO_x 排出量推定手段 1101 と、トルク変動量推定手段 1102 と、排気系伝達特性推定手段 1103 を備えており、燃焼領域切換時の NO_x 排出量と、トルク変動量と、燃焼領域切換開始から三元触媒 7 入口の空燃比が変化するまでの排気系伝達特性を推定する。また、後述するように、学習結果を用いて推定値を更新する。

NO_x 排出量推定手段 1101 は、燃焼領域切換要求、第二燃焼領域通過時の混合気の空燃比、エンジントルク、エンジン回転数、燃焼室 12 に残留する排気ガス量（内部 EGR 量）、等に基づいて、燃焼領域切換時に排出される NO_x 量を推定（算出）し、この推定 NO_x 排出量（推定値）を燃焼領域切換判定手段 1002 へ送る。該 NO_x 排出量推定手段 1101 は、エンジンが排出する NO_x の動的モデルに基づくものである。該 NO_x 動的モデルは、例えば、図 12 に示される如くに、燃焼領域切換時の空燃比変化の要求に応じてスロットル弁開度と燃料供給量（燃料噴射量）を変化させた際に燃焼室 12 から排出される NO_x 排出量を推定するものである。より具体的には、例えば、期間 T1 で燃焼領域切換を行った際の第二燃焼領域の空燃比より、期間 T1 よりも十分短い期間 T2 毎に排気ガス中の NO_x 濃度を算出して、期間 T2 毎に NO_x 濃度を積算することで燃焼領域切換時の NO_x 排出量を推定する。ただし、燃焼領域切換前後はトルク一定を前提とする（切換中は含まず）。また、この該 NO_x 動的モデルは、三元触媒 7 のモデルに基づき、三元触媒 7 の NO_x 浄化効率を考慮したものである。

前記トルク変動量推定手段 1102 は、燃焼領域切換要求、第二燃焼領域通過時の空燃比、エンジン回転数、等に基づいて、燃焼領域切換時に発生するトルク変動量を推定（算出）し、この推定トルク変動量（推定値）を燃焼領域切換判定

手段 1 0 0 2 へ送る。該トルク変動量推定手段 1 1 0 2 は、エンジンが発生させる出力トルクの動的モデルに基づくものである。該トルク動的モデルは、例えば、図 1 3 に示される如くに、燃焼領域切換時の空燃比変化の要求に応じてスロットル弁 2 により調整される吸入空気量と燃料供給量（燃焼噴射量）と点火時期を操作した際に発生するトルク変動量を推定するものである。より具体的には、例えば、燃焼領域切換時の燃料噴射量の補正量からトルク変動分を算出し、更に、点火時期をリタードさせた場合のトルク変動分を燃料噴射量補正によるトルク変動分から減算し、そのトルク変動分の最大値をもって、燃焼領域切換時のトルク変動量を推定する。ただし、燃焼領域切換前後はトルク一定を前提とする。

前記排気系伝達特性推定手段 1 1 0 3 は、燃焼領域切換要求、第二燃焼領域の空燃比、エンジントルク、エンジン回転数、等に基づいて、燃焼に供される混合気の空燃比が変化してから、三元触媒 7 の入口の空燃比が変化するまでの排気系伝達特性を推定する。より具体的には、例えば、図 1 4 に示される如くに、燃焼領域切換前後の空燃比変化量とエンジン回転数とに対応した、三元触媒 7 の入口の空燃比変化の時定数マップを持ち、目標空燃比変化量とエンジン回転数から、燃焼室 1 2 から三元触媒 7 の入口までの時定数である、排気空燃比応答時定数を推定する。また、エンジンサイクルを考慮したモデルであってもよい。

前記燃焼領域切換判定手段 1 0 0 2 は、図 1 5 に示される如くに、NO_x 排出量判定手段 1 5 0 1 と、トルク変動量判定手段 1 5 0 2 と、燃焼領域切換モード判定手段 1 5 0 3 とを備え、燃焼領域切換時に NO_x 排出量とトルク変動量が所定値以上であるか否かを判定し、燃焼領域切換方法を決定する燃焼領域切換モードを判定する。

前記 NO_x 排出量判定手段 1 5 0 1 は、前記推定 NO_x 排出量（推定値）が前記許容 NO_x 排出量（許容値）を越えるか否かを判定する。ここで、許容 NO_x 排出量とは、燃焼領域切換時に許容される NO_x 排出量である。判定した後、NO_x 排出量判定フラグを燃焼領域切換モード判定手段 1 5 0 3 に送る。より具体的には、例えば、推定 NO_x 排出量が許容 NO_x 排出量以上である場合に、NO_x 排出量判定フラグをオンとする。

前記トルク変動量判定手段 1 5 0 2 は、前記推定トルク変動量（推定値）が許

容トルク変動量（許容値）を越えるか否かを判定する。ここで、該許容トルク変動量とは、燃焼領域切換時に許容されるトルク変動量である。判定した後、トルク変動量判定フラグを燃焼領域切換モード判定手段 1503 に送る。より具体的には、例えば、推定トルク変動量が許容トルク変動量以上である場合に、トルク変動量判定フラグをオンとする。

前記燃焼領域切換モード判定手段 1503 は、前記 NO_x 排出量判定フラグと前記トルク変動量判定フラグとに基づいて、燃焼領域切換モードをいずれにするかを判定し、判定結果を燃焼領域切換実現手段 1003 に送る。より具体的には、例えば、NO_x 排出量判定フラグがオフ、かつトルク変動量判定フラグがオフである場合には、スロットル弁 2 による吸入空気量、燃料噴射量、及び点火時期を操作する（変える）ことで、燃焼領域切換時に排気エミッションの悪化と運転性悪化を抑えることが可能であると判断し、スロットル弁 2 の開度、燃料噴射量、及び点火時期を制御して燃焼領域切換を行う燃焼領域切換モード 1 を選択する。また、他の例としては、NO_x 排出量判定フラグがオン、かつトルク変動量判定フラグがオンの場合には、スロットル弁 2 による吸入空気量、燃料噴射量、及び点火時期を変えても、排気エミッションの悪化と運転性悪化を抑えることが難しいと判断し、スロットル弁 2 から燃焼室 12 までの吸入空気の時間遅れよりも、短い時間遅れで燃焼室 12 内に空気を吸入することができる吸気弁 5 を操作して、吸入空気量のみを変化させることにより燃焼領域切換を実現する燃焼領域切換モード 2 を選択する。上記の例だけではなく、NO_x 排出量判定フラグとトルク変動量判定フラグの状況に応じた、上記モードの他の燃焼領域切換モードを持つものであってもよいし、燃焼領域切換前の準備段階を含む燃焼領域切換モードを出力するものであってもよい。

前記燃焼領域切換実現手段 1003 は、図 16 に示される如くに、空気量制御手段 1601 と、燃料噴射量制御手段 1602 と、点火時期制御手段 1603 を備える。

前記空気量制御手段 1601 は、燃焼領域切換要求、推定排気系伝達特性（排気空燃比応答時定数）、第二燃焼領域通過時の空燃比、エンジン回転数、及び燃焼領域切換モード、等に基づいて吸入空気量操作量を算出する。ここで、吸入空

気量操作量としては、例えば、目標スロットル弁開度、目標吸気弁リフト量、目標吸気弁開閉時間、目標吸気弁開閉時期、等が挙げられる。

前記燃料噴射量制御手段 1602 は、燃焼領域切換要求、推定排気系伝達特性（排気空燃比応答時定数）、燃焼領域切換前後の空燃比、エンジン回転数、及び燃焼領域切換モード、等に基づいて目標燃料噴射量を算出する。

さらに、前記点火時期制御手段 1603 は、燃焼領域切換要求、推定排気系伝達特性（排気空燃比応答時定数）、燃焼領域切換前後の空燃比、エンジン回転数、及び燃焼領域切換モード、等に基づいて、目標点火時期を算出する。

また、燃焼領域切換実現手段 1003 の各制御手段 1601、1602、1603 は、燃焼に供される混合気の空燃比変化から三元触媒 7 入口の空燃比変化を推定する排気系モデルに基づいた排気系逆モデルを有し、該推定排気系伝達特性（排気空燃比応答時定数）に基づいて、混合気の空燃比の変化に対する、三元触媒 7 入口の空燃比変化の遅れを補償するように動作して、排気エミッションの悪化を防止する。より具体的には、例えば、空気量制御手段 1601 において、排気空燃比変化の時間遅れを補償するように、吸入空気量を制御したにも関わらず、排気空燃比の切り換えに所定時間以上要すると推定される場合には、排気空燃比の切り換えを所定時間以下で実現するように燃料噴射量を補正する。また、燃料噴射量補正によって発生するトルク変動量を点火時期を補正することによって、抑制する。

以上の制御により、第一燃焼領域から第三燃焼領域に、又は第三燃焼領域から第一燃焼領域に燃焼領域切換を行う際に、第二燃焼領域通過時の NO_x 排出量を所定値以下とし、かつトルク変動量を所定値以下とするように燃焼領域切換が行われ、排気エミッションの悪化と運転性悪化を防止することができる。

しかしながら、本実施形態のエンジン 10 及びセンサ類を含む制御装置 10 は、出荷時に調整されたものであるため、経時変化等により必ずしも適切でなくなる場合がある。例えば、推定 NO_x 排出量が実際の排出量よりも少なく推定された場合には、燃焼領域切換モード判定手段 1503 において、燃焼領域切換モードが誤って選択されるため、 NO_x 排出量が増大するままに燃焼領域切換を起こりてしまい、排気エミッションの悪化を効果的に抑えることができない場合があ

る。

そこで、コントロールユニット 100 は、図 9 に示される如くに、推定値学習手段 903 を設けており、各センサ類の出力と推定値とを比較し、その差が所定値以上である場合に、その差を学習し、燃焼領域切換推定手段 1001 を更新し、経時変化や製造ばらつき等による排気エミッションの悪化と運転性悪化を防止する。

より具体的には、例えば、図 6 には示していないが、システムに三元触媒 7 下流側で排気ガス中の NO_x 量（濃度）を検出する手段（例、 NO_x センサ）を備える場合には、該 NO_x センサの出力に基づいて NO_x 排出量を学習し、その学習結果を用いて、 NO_x 排出量推定値を補正する。さらに、図 6 には示していないが、エンジントルクを検出する手段（例、トルクセンサ）を備える場合には、該トルクセンサの出力に基づいてエンジントルクを学習し、その学習結果を用いて、トルク変動量推定値を補正する。

また、前記排気浄化装置 7 の上流に備えられた前記空燃比センサ 16 の出力に基づいて、排気系伝達特性を学習し、その学習結果を用いて、該排気系伝達特性推定値を補正することで、排気浄化装置（三元触媒 7）の劣化等による誤差に対応する。

図 17 は、第三燃焼領域から第一燃焼領域への燃焼領域切換時に、吸入空気量と燃焼噴射量を同時に操作した際には、 NO_x 排出量とトルク変動量が許容値を越える場合の切換制御の一例を示したものであり、定常状態（トルク一定）での切換制御である。

また、図 17 は、スロットル弁 2 の開度、吸気弁 5 のリフト量、燃料噴射量（燃料噴射パルス幅）、及び点火時期の各目標値を時系列に沿って示したものである（図の上方に向かって、それぞれ、スロットル弁開度増大、リフト量増大、燃料噴射量増量、点火時期進角を表す）。

まず、燃焼室 12 内に吸入される吸入空気量と吸気弁 5 のリフト量 $IV1$ あるいは該吸気弁 5 のリフト時間との関係は、エンジン回転数や負荷等の運転状態によって異なるため、予め実験あるいはシミュレーションにより運転状態毎の吸入空気量と排気弁リフト量 $IV1$ もしくはリフト時間との関係を求めておき、マッ

プあるいはモデルとして持つておく必要がある。

第三燃焼領域で運転中に、ドライバーからの加速要求等により、燃焼領域切換要求手段 901 は、第三燃焼領域から第一燃焼領域への燃焼領域切換があったと判定し、該燃焼領域切換要求に対し、燃焼制御手段 902 は要求される燃焼領域切換を実現するようにエンジン 10 の制御を開始する。

まず、燃焼領域切換時の推定 NO_x 排出量（推定値）と、推定トルク変動量（推定値）と、排気系伝達特性推定値を算出する。次に、算出された推定 NO_x 排出量と許容 NO_x 排出量を比較し、推定 NO_x 排出量が該許容 NO_x 排出量以上であるか否かを判定すると同時に、推定トルク排出量と許容トルク変動量を比較し、推定トルク変動量が該許容トルク変動量以上であるか否かを判定する。この場合は、いずれも許容値以上であると判定され、かかる 2 つの判定に基づき、排気エミッションの悪化と運転性悪化を防止するには、吸気弁 5（のリフト量）を操作し、吸入空気量のみを変化させて空燃比を切り換えることが適当であると判断し、吸気弁 5 のみを操作する燃焼領域切換モードを選択する。

選択された燃焼領域切換モードに従い、各操作量が制御される。吸気弁 5 のみによる空気量の操作のため、目標スロットル弁開度、目標燃料噴射量（パルス幅）、目標点火時期は燃焼領域切換時において一定とされる。燃焼領域切換が開始されると、吸気弁 5 のリフト量は、排気系の遅れを補償しながら、第一燃焼領域での空燃比を実現するリフト量 $IV1$ まで変化せしめられる。これにより、排気エミッションの悪化と運転性悪化を防止しながら第三燃焼領域から第一燃焼領域へと燃焼領域の切り換えが行われる。

図 18 は、本制御を実行したときの吸入空気量、燃料噴射量、燃焼室 12 内の空燃比、三元触媒 7 入口の空燃比、トルク変動量、及び三元触媒 7 出口の NO_x 濃度を時系列で示したものである（図面上方に向かって、空気量増量、燃料噴射量増量、空燃比希薄化、トルク変動量増大、 NO_x 濃度増大を示す）。

かかる制御では、第三燃焼領域から第一燃焼領域への燃焼領域切換時に、燃焼領域切換モードに基づいて、吸気弁 5 のリフト量が燃焼室 12 から三元触媒 7 間の空燃比の変化遅れを補償するように調整されるため、吸入空気量は減少する。この際、燃料噴射量が燃焼領域切換前後で一定であるため、燃焼室 12 内の混合

気の空燃比は吸入空気量に従って変化し、リーンからストイキへ変化するとともに、トルク変動は発生しない。さらに、排気系の遅れ補償により、三元触媒7入口の空燃比は短時間で切り換えられるので、NO_x排出量を抑制することができる。

また、推定NO_x排出量、推定トルク変動量、推定排気系伝達特性は、出荷時に調整されたものであるため、経時変化等により必ずしも適切で無くなる場合があるが、NO_xセンサ、トルクセンサ、空燃比センサの出力に基づいて学習することで、排気エミッションの悪化と運転性悪化を防止することができる。

図19ないし図22は、コントロールユニット100が燃焼領域切換に際して実行するプログラムの一例を示すフローチャートであり、図19は図9に示される機能ブロック図に対応している。

図19のフローチャートにおいて、ステップ1901では、運転状態（エンジン回転数、アクセル開度、冷却水温、触媒温度、等）を各センサ類から読み込み、ステップ1902では、燃焼状態を切り換えるか否かを判定してステップ1903に進む。

ステップ1903では、燃焼領域切換要求があるか否かを判定し、切換要求がある場合にはステップ1904に進んで、燃焼領域切換制御を行い、ステップ1905に進む。また、ステップ1903で燃焼領域切換要求がない場合には元に戻る。

ステップ1905では、燃焼領域切換が完了したか否かを判定し、燃焼領域切換制御が終わるまではステップ1904に戻って燃焼領域切換制御及び完了判定を繰り返して実行し、燃焼領域切換が完了したと判定された場合はステップ1906へ進み、各種センサの出力に基づいて前記各推定値を学習補正して元に戻る。

図20は、図19のステップ1902で実行する燃焼領域切換要求ルーチンの詳細を示すフローチャートであり、ステップ2001では、切換要求フラグをクリア（OFF）し、ステップ2002では、現在の燃焼領域が第一燃焼領域であるか否かを判定し、第一燃焼領域であると判定された場合にはステップ2003に進み、燃焼領域が第一燃焼領域でないと判定された場合（第二燃焼領域又は第三燃焼領域にある場合）にはステップ2005に進む。

ステップ2003では、第一燃焼領域から第三燃焼領域へ燃焼領域を切換可能

であるか否かを判定する。より具体的には、例えば、エンジン回転数とエンジン負荷とで燃焼領域が定められるマップにおいて、現在の状態が第三燃焼領域に存在するか否かを判定する。同時に、エンジン回転数が所定値以下であること、空気流量が所定値以下であること、アクセル開度変化が所定値以下であること、エンジン回転数変動が所定値以下であること等の運転状態に関する条件をチェックする。第三燃焼領域へ燃焼領域を切換可能であると判定された場合にはステップ 2004 に進み、第三燃焼領域へ燃焼領域切換が不可能であると判定された場合には、このルーチンを終了する。ステップ 2004 では、燃焼領域を第一燃焼領域から第三燃焼領域へ切り換える要求フラグをオン（ON）にしてこのルーチンを終了する。

一方、ステップ 2005 では、現在の燃焼領域が第三燃焼領域であるか否かを判定し、第三燃焼領域にある場合にステップ 2006 に進む。燃焼領域が第三燃焼領域でない場合には、このルーチンを終了する。ステップ 2006 においては、第三燃焼領域から第一燃焼領域へ燃焼領域切換が可能であるが否かを判定する。より具体的には、ステップ 2003 と同様のマップによる運転領域の条件と、運転状態に関する条件に基づいて、燃焼領域切換が可能か否かをチェックする。第一燃焼領域へ燃焼領域切換が可能である場合にはステップ 2007 に進む。燃焼領域切換が不可能である場合には、このルーチンを終了する。ステップ 2007 では、第三燃焼領域から第一燃焼領域へと燃焼領域を切り換えるフラグをオン（ON）にして、このルーチンを終了する。

従って、この燃焼領域切換ルーチンは、現在の運転状態等から燃焼領域切換が可能であるが否かを判断し、切換が可能である場合には、その切換形態を要求するものである。

図 21 は、図 19 のステップ 1904 で実行する燃焼切換制御ルーチンの詳細を示すフローチャートであり、図 17 及び図 18 に示される如くに、吸入空気量のみで、第三燃焼領域から第一燃焼領域へ燃焼領域を切り換える場合が例にとられている（第一燃焼領域から第三燃焼領域へ燃焼領域を切り換える場合も、略同様な処理であるので、ここでは省略する）。

この燃焼切換制御ルーチンにおいては、ステップ 2101 で、燃焼領域切換時

の推定 NO_x 排出量（推定値）、推定トルク変動量（推定値）、及び推定排気系伝達特性（推定値）を演算し、ステップ2102に進む。ステップ2102においては、従来の燃焼領域切換手法によって、排気エミッションの悪化及び運転性悪化が発生するか否かを判定する。より具体的には、推定 NO_x 排出量が許容 NO_x 排出量（許容値）以下であるか否かと、推定トルク変動量が許容トルク変動量（許容値）以下であることをチェックする。排気エミッションの悪化と運転性悪化が発生しないと判定された場合には、ステップ2106に進む。

前記ステップ2103では、燃焼領域切換モードを要求する。より具体的には、例えば、推定 NO_x 排出量が許容 NO_x 排出量以上で、推定トルク変動量が許容トルク変動量以上である場合には、燃焼領域切換時に空気量のみを変化させることを要求する。また、燃焼領域切換を行う準備として、コレクタ内に空気を充填させるようなスロットル弁操作や、同時に燃焼室12内に吸入される空気量を一定とする吸気弁5操作の要求を燃焼領域切換モードに含むものであってもよい。燃焼領域切換モード要求後はステップ2104に進み、次の吸気行程で吸入空気量を変化させるために、切換気筒が排気行程に入るまで待機し、排気行程に入ったときにステップ2105に進む。ステップ2105では、燃焼領域切換モードに基づいた燃焼領域切換を実現するために、吸気弁5のリフト量を排気系伝達特性に基づいた過渡状態を経てIV1だけ調整し、このルーチンを終了する。この際、変化させるのは空気量のみであるため、スロットル弁開度、燃料噴射量、点火時期は一定とする。

一方、ステップ2106では、燃焼領域切換時に、従来の手法でも排気エミッションの悪化と運転性悪化がさほど発生しないので、吸入空気量、燃料噴射量、及び点火時期を操作する燃料切換モードを要求し、ステップ2107に進む。また、燃料切換モードは、ステップ2103と同様に、燃焼領域切換前の準備動作を含むものであってもよい。ステップ2107では、スロットル弁開度、燃料噴射量、及び点火時期を調整する。

このようにされることにより、推定 NO_x 排出量と推定トルク変動量に基づいて、排気エミッションの悪化及び運転性悪化を抑えながら燃焼領域切換を行うことができる。

図 22 は、図 19 のステップ 1906 で実行する推定値学習ルーチンの詳細を示すフローチャートである。ただし、図 6 には示されていないが、三元触媒 7 下流の NO_x 排出量を検出する NO_x センサと、エンジントルクを検出するトルクセンサを備えている場合のものである。

かかる推定値学習ルーチンにおいては、ステップ 2201 では NO_x センサの出力に基づいて算出される NO_x 排出量と推定 NO_x 排出量とを比較し、両者間の差が所定値以上である場合、ステップ 2202 に進む。NO_x 排出量の差が所定値未満である場合には、ステップ 2203 に進む。ステップ 2202 では、NO_x 排出量の差を学習し、推定 NO_x 排出量（推定値）を補正して、ステップ 2203 に進む。

ステップ 2203 では、トルクセンサの出力に基づいて算出されるトルク変動量と推定トルク変動量を比較し、両者間の差が所定値以上である場合、ステップ 2204 に進む。トルク変動量の差が所定値未満である場合には、ステップ 2205 に進む。ステップ 2204 では、トルク変動量の差を学習し、推定トルク変動量を補正する。

ステップ 2205 では、空燃比センサの出力に基づいて算出される排気系伝達特性と推定排気系伝達特性を比較し、両者間の差が所定値以上である場合、ステップ 2206 に進む。排気系伝達特性の差が所定値未満である場合にはこのルーチンを終了する。ステップ 2206 では、排気系伝達特性の差を学習し、推定排気系伝達特性を補正する。

このようにされることにより、各センサ類の出力に基づいて、各推定値を学習補正することにより、経時変化や製造ばらつきに起因する排気エミッションの悪化及び運転性悪化を抑えることができる。

[第 2 実施形態]

以下、本発明に係る制御装置の第 2 実施形態を説明する。本実施形態の制御装置の基本構成は、前述した第 1 実施形態のもの（図 6、図 7 参照）と基本的には同じであるが、それが適用されるエンジンが圧縮着火エンジンであることが異なる。すなわち、本実施形態のエンジンでは、第 1 実施形態と異なり、混合気を点火プラグによって点火、燃焼させるだけではなく、燃料及び空気の予混合気を圧

縮して自己着火させるものである。

図 2 3 は、コントロールユニット 1 0 0 による火花点火運転時における燃焼室 1 2 内圧力及び燃料噴射信号と点火時期との関係を示した図である。図示のように、火花点火運転時では、吸気行程において燃料噴射弁 3 が燃料を噴射し、圧縮行程において点火プラグ 4 で燃料（混合気）を点火するようになっている。

一方、図 2 4 は、コントロールユニット 1 0 0 による圧縮着火運転時における燃焼室 1 2 内圧力及び燃料噴射信号等との関係を示した図である。ここで、圧縮着火運転を実現する方法はいくつか存在するが、ここでは図示のように、まず、吸排気弁 5、6 のプロフィールを変えて排気ガスを閉じ込めて残留させる（内部 E G R）、この閉じ込めた排気ガス中に燃料噴射弁 3 が副燃料噴射を行って圧縮することでラジカル化させ、次に、圧縮行程において燃料噴射弁 3 が主燃料噴射を行うことで燃料を自己着火させる。つまり、コントロールユニット 1 0 0 は、内部 E G R によって燃焼室 1 2 内の温度を制御し、かつ、副燃料噴射及び主燃料噴射により着火温度を制御することが可能であり、圧縮着火時期を適切にコントロールする。

図 2 5 は、前記内部 E G R を制御するための吸排気弁 5、6 のプロフィールを示したものであり、図 2 5（a）は、圧縮着火燃焼時の排気弁 6 のリフト量を火花点火燃焼時に比べて減らすことにより、排気ガスを燃焼室 1 2 内に閉じ込めて内部 E G R 量を増加させる場合を示している。また、図 2 5（b）は、圧縮着火燃焼時の排気弁 6 のリフト時間（開閉時間）を吸気弁 5 のリフト時間（開閉時間）に比べて短くすることにより、排気ガスを燃焼室 1 2 内の閉じ込めて前記内部 E G R 量を増加させる場合を示している。さらに、図 2 5（c）は、圧縮着火燃焼時の吸気弁 5 の開閉時期を火花点火燃焼時に対して早めることと、排気弁 6 の開閉時期を火花点火燃焼時に対して遅くすることにより、燃焼室 1 2 内に排気ガスを閉じ込めて、内部 E G R 量を増加させる場合を示している。

図 5 は、前述したように、圧縮着火エンジン 1 における、空燃比と三元触媒 7 下流の N O x 排出量との関係を示したものである。リッチ側からストイキの空燃比においては、三元触媒 7 の N O x 浄化効率が高く、燃焼室 1 2 から排気通路 1 3 に排出される N O x を浄化するため、外部への N O x 排出量は少ない。これに

対し、ストイキから空燃比が 20 近傍までは、三元触媒 7 の NO_x 浄化効率が低く、また、燃焼室 12 からの NO_x 排出量が多いために、外部への NO_x 排出量が多くなる。ただし、NO_x 排出量は第 1 実施形態の筒内噴射エンジンよりも低い。また、空燃比が 20 以上のリーン空燃比においては、多点で同時におこる低温急速燃焼の効果により、NO_x 排出量は数十 ppm に抑えられる。

ここで、燃焼に供せられる混合気の空燃比に応じて区分けされる第一燃焼領域、第二燃焼領域、及び第三燃焼領域は下記の様に定義される（図 26）。第一燃焼領域は、三元触媒 7 の NO_x 浄化効率が高く、三元触媒 7 下流の NO_x 量が数十 ppm である空燃比、すなわち、ストイキからリッチ側の空燃比領域とされ、火花点火燃焼を行う領域である。第二燃焼領域は、ストイキと空燃比が 20 で挟まれる空燃比領域とされ、NO_x 排出量が増大する領域であり、圧縮着火燃焼を行う領域である。第三燃焼領域は、NO_x 排出量が数十 ppm 程度となる領域であり、空燃比が 20 以上のリーン空燃比領域とされ、圧縮着火燃焼を行う領域である。

次に、本実施形態において、第一燃焼領域から第二燃焼領域を通過して第三燃焼領域へと燃焼領域を切り換える、又は、第三燃焼領域から第二燃焼領域を通過して第一燃焼領域へと燃焼領域を切り換える燃焼領域切換時に、NO_x 排出量とトルク変動量を抑える制御について説明する。

コントロールユニット 100 は、第 1 実施形態と同様に、図 9、図 10 等において機能ブロックで示されている各手段を備えているが、図 16 に示されている第 1 実施形態の燃焼切換実現手段 1003（図 10）の詳細構成は、本実施形態では、図 27 に示される如くのものとなっている。

すなわち、燃焼領域切換実現手段 1003 は、図 27 に示される如くに、空気量制御手段 2701 と、燃料噴射量制御手段 2702 と、点火時期制御手段 2703 と、内部 EGR 制御手段 2704 を備えている。空気量制御手段 2701 は、燃焼領域切換要求、推定排気系伝達特性、燃焼領域切換前後の空燃比、エンジン回転数、及び燃焼領域切換モード、等に基づいて、吸入空気量操作量を算出する。ここで、吸入空気量操作量としては、例えば、目標スロットル弁開度、目標吸気弁リフト量、目標吸気弁開閉時間、目標吸気弁開閉時期、等が挙げられる。

前記燃料噴射量制御手段 2702 は、燃焼領域切換要求、推定排気系伝達特性（排気空燃比応答時定数）、燃焼領域切換前後の空燃比、エンジン回転数、及び燃焼領域切換モード、等に基づいて、目標燃料噴射量を算出する。

また、前記点火時期制御手段 2703 は、燃焼領域切換要求、推定排気系伝達特性（排気空燃比応答時定数）、燃焼領域切換前後の空燃比、エンジン回転数、及び燃焼領域切換モード、等に基づいて、目標点火時期を算出する。

さらに、前記内部 EGR 制御手段 2704 は、燃焼領域切換要求、推定排気系伝達特性、燃焼領域切換前後の空燃比、エンジン回転数、及び燃焼領域切換モード、等に基づいて、内部 EGR 制御量を算出する。内部 EGR 制御量としては、例えば、図 25 に示される如くに、排気弁 6 のリフト量、排気弁 6 のリフト時間、吸排気弁 5、6 のバルブオーバーラップ量を調整する吸排気弁 5、6 の開閉時期、等が挙げられる。ただし、各制御手段は、第 1 実施形態と同様に、排気エミッションの悪化を防止すべく、推定排気系伝達特性に基づいて、燃焼に供される混合気空燃比の変化に対する、排気浄化装置（三元触媒 7）入り口の空燃比の変化の遅れを補償するように制御する。

以上の制御により、第一燃焼領域と第三燃焼領域との燃焼領域切換、すなわち、火花点火燃焼領域と圧縮着火燃焼領域との燃焼領域切換を行う際に、第二燃焼領域通過時の NO_x 排出量を所定値以下とし、かつトルク変動量を所定値以下とすることができ、これにより、排気エミッションの悪化と運転性悪化を効果的に抑えることができる。

図 28 は、第一燃焼領域（火花点火燃焼領域）から第三燃焼領域（圧縮着火燃焼領域）への燃焼領域切換時に、吸入空気量と燃焼噴射量を同時に操作した際には、 NO_x 排出量とトルク変動量が許容値を越える場合の切換制御の一例を示したものであり、定常状態（トルク一定）での切換制御である。また、内部 EGR 量はバルブオーバーラップ量により制御している。

また、図 28 は、スロットル弁 2 の開度、吸気弁 5 のリフト量、バルブオーバーラップ量、燃料噴射量（燃料噴射パルス幅）、及び点火時期の各目標値を時系列に沿って示したものである（図の上方に向かって、それぞれ、スロットル弁開度増大、リフト量増大、燃料噴射量増大、点火時期進角を表す）。

まず、燃焼室 1 2 に吸入される吸入空気量とスロットル弁 2 の開度 $TV1$ 、吸気弁 5 のリフト量 $IV1$ 、 $IV2$ の関係と、内部 EGR 量とバルブオーバーラップ量 $OV1$ の関係は、エンジン回転数やエンジン負荷等の運転状態によって異なるため、予め実験あるいはシミュレーションにより運転状態毎の吸入空気量とスロットル弁開度 $TV1$ 、排気弁リフト量 $IV1$ 、 $IV2$ の関係、及び内部 EGR 量とバルブオーバーラップ量 $OV1$ の関係を求めておき、マップもしくはモデルとして持っておく必要がある。

コントロールユニット 100 は、第一燃焼領域（火花点火燃焼領域）で運転中に、第三燃焼領域（圧縮着火燃焼領域）への燃焼領域切換が要求されると、燃焼領域切換を実現すべく、エンジンの制御を開始する。

ここでは、第 1 実施形態と同様に、燃焼領域切換時に、推定される NO_x 排出量、トルク変動量はそれぞれの許容値を越えるものと判定される。この判定に基づき、排気エミッションの悪化と運転性悪化を防止するには、吸気弁 5 を操作して、吸入空気量のみを変化させて空燃比を切り換える燃焼領域切換モードが要求される。

前記燃焼領域切換モードに基づき、各操作量が算出される。まず、燃焼領域切換の準備として、スロットル弁 2 の開度を調整し、吸気通路 1 1 内の空気量を充填させる。このとき、燃焼室 1 2 内に吸入される吸入空気量も変化してしまうため、吸気弁 5 のリフト量を調整して、燃焼室 1 2 内に吸入される吸入空気量を一定に保つ。その後、燃焼領域切換が開始され、吸気弁 5 のリフト量を増加させ、燃焼室 1 2 内の空気量を増加させる。ただし、同時に排気系の空燃比変化の遅れを補償するように操作する。また、燃焼領域切換後に圧縮着火を行うため、バルブオーバーラップ量を増大させ、内部 EGR 量を増加させる。また、燃料噴射量は燃焼領域切換前後で一定となる。点火時期は、第一燃焼領域では火花点火を行うため、点火信号が出力されるが、第三燃焼領域に切換後は自己着火を行うため、点火信号を OFF とする。

図 29 は、燃焼領域切換制御装置 10A による本制御を実行したときの燃焼室 1 2 内の空気量、燃料噴射量、燃焼室 1 2 内の空燃比、排気浄化装置 7 入口の空燃比、トルク変動量、及び排気浄化装置 7 出口の NO_x 排出量を時系列で示した

ものである（図面上方に向かって、空気量増加、燃料噴射量増加、空燃比希薄化、トルク変動量増大、 NO_x 排出量増加を示す）。

かかる制御では、第一燃焼領域（火花点火燃焼領域）から第三燃焼領域（圧縮着火燃焼領域）へと燃焼領域切換を行った際、燃焼領域切換の準備をしたもとは、スロットル弁と吸気弁の操作に関わらず、吸入空気量は一定となる。燃焼領域切換後、吸気弁5のリフト量を増大させることにより、燃焼室12の吸入空気量が増大する。この際、燃焼室12から三元触媒7入口までの空燃比の変化の遅れを補償するように、吸気弁5のリフト量が制御される。これにより、燃焼室12内の混合気の空燃比は燃焼領域切換時に過度にリーンとなるが、三元触媒7入口の空燃比は、短時間でストイキからリーンへと変化し、目標とする空燃比まで変化する。これにより、燃焼領域切換時の NO_x 排出量を低減することが可能であり、さらに、燃焼領域切換時に燃料噴射量の操作を行わないため、トルク変動を抑制することができる。

また、推定 NO_x 排出量、推定トルク変動量、推定排気伝達特性は、出荷時に調整されたものであるため、経時変化等により必ずしも適切でなくなる場合があるが、第1実施形態と同様に、各センサ類からの信号に基づいて学習することで、排気エミッションの悪化と運転性悪化を抑えることができる。

以上のように、本発明の実施形態においては、燃焼領域切換時に、推定 NO_x 排出量と推定トルク変動量が所定値以下となるように、例えば、吸気弁のリフト量を制御して吸入空気量を調整するようにされるので、排気エミッションの悪化と運転性悪化を抑えることができ、さらに、各センサ類からの信号に基づいて前記推定値を学習、更新（補正）することにより、経時変化等による排気エミッションの悪化や運転性悪化を抑えることが可能となる。

以上、本発明の一実施形態について詳説したが、本発明は前記実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された発明の精神を逸脱しない範囲で、設計において種々の変更ができる。

例えば、前記実施形態では、排気浄化装置として三元触媒7のみが配備されているが、リーン NO_x 触媒のみや、三元触媒7の他にリーン NO_x 触媒を併設した場合でも本発明を適用できる。また、燃焼領域切換モードとして、吸入空気量

と燃料噴射量と点火時期を操作した後に、吸入空気量のみを制御するといった、燃焼領域切換時に2つの燃焼領域切換モードを連続して行う燃焼領域切換形態をとるようにしてもよい。また、エンジンは、排気通路13と吸気通路8とを繋ぐバイパス通路を設けるとともに、そのバイパス通路途中にバルブを設置し、このバルブの開度によって排気を吸気側に引き戻す外部EGR制御を併用してもよい。これらの場合にも前記と同様の作用効果を得ることができる。

産業上の利用の可能性

以上の説明から理解できるように、本発明に係るエンジンの制御装置は、第一燃焼領域→第三燃焼領域及び第三燃焼領域→第一燃焼領域への燃焼領域切換時、における排気浄化装置下流のNO_x排出量及びトルク変動量をオンラインで推定し、それらのNO_x排出量推定値及びトルク変動量推定値に基づいて、第二燃焼領域通過時における排気浄化装置下流のNO_x排出量を所定値以下、かつ、第二燃焼領域通過時におけるトルク変動量を所定値以下とすべく、燃焼室に吸入される吸入空気量を、例えば、吸気弁のリフト量を変えることにより調整するようにされるので、燃焼領域切換時の排気エミッションの悪化と運転性悪化を効果的に抑えることができる。

請 求 の 範 囲

1. ストイキよりリッチな空燃比で NO_x を浄化する機能を持つ排気浄化装置を備え、燃焼領域として、燃焼に供される混合気の空燃比がリッチからリーンとなる順序で規定される第一燃焼領域、第二燃焼領域、及び第三燃焼領域を使用するようにされ、前記第一燃焼領域から前記第二燃焼領域を通過して前記第三燃焼領域への燃焼領域切換、及び、前記第三燃焼領域から前記第二燃焼領域を通過して前記第一燃焼領域への燃焼領域切換を行うようにされたエンジンの制御装置であって、

前記第二燃焼領域通過時における排気浄化装置下流の NO_x 排出量及びトルク変動量を可及的に低減すべく、前記燃焼領域切換時に、燃焼室に吸入される吸入空気量を通常時とは異なる態様で制御する燃焼制御手段を備えていることを特徴とする制御装置。

2. ストイキよりリッチな空燃比で NO_x を浄化する機能を持つ排気浄化装置を備え、燃焼領域として、燃焼に供される混合気の空燃比がリッチからリーンとなる順序で規定される第一燃焼領域、第二燃焼領域、及び第三燃焼領域を使用するようにされ、前記第一燃焼領域から前記第二燃焼領域を通過して前記第三燃焼領域への燃焼領域切換、及び、前記第三燃焼領域から前記第二燃焼領域を通過して前記第一燃焼領域への燃焼領域切換を行うようにされたエンジンの制御装置であって、

前記第二燃焼領域通過時における前記排気浄化装置下流の NO_x 排出量をオンラインで推定する NO_x 排出量推定手段と、前記第二燃焼領域通過時におけるトルク変動量をオンラインで推定するトルク変動量推定手段と、前記 NO_x 排出量推定値及び前記トルク変動量推定値に基づいて、前記第二燃焼領域通過時における前記排気浄化装置下流の NO_x 排出量を所定値以下、かつ、前記第二燃焼領域通過時におけるトルク変動量を所定値以下とする制御を行う燃焼制御手段と、を備えていることを特徴とする制御装置。

3. 前記 NO_x 排出量推定手段は、燃焼に供される混合気の空燃比、エンジン回転数、エンジントルク、及び燃焼室に導入されたEGR量もしくは燃焼室内に残

留するEGR量に基づいて、前記第二燃焼領域通過時における前記排気浄化装置入口のNO_x排出量を推定する排気浄化装置入口NO_x排出量推定手段と、前記排気浄化装置入口の空燃比、前記排気浄化装置の温度、及び前記排気浄化装置入口の推定NO_x排出量に基づいて、前記排気浄化装置出口のNO_x排出量を推定する触媒モデルと、を備えていることを特徴とする請求項2に記載の制御装置。

4. 前記NO_x排出量推定手段は、前記燃焼領域切換に要する期間をT₁とし、該期間T₁よりも十分に短い期間をT₂として、該期間T₂毎に演算されるNO_x排出量を前記期間T₁だけ積算することにより、前記燃焼領域切換時の前記排気浄化装置下流のNO_x排出量を推定することを特徴とする請求項2に記載の制御装置。

5. 前記排気浄化装置上流側又は下流側において排気ガス中のNO_x濃度を検出する空燃比センサを備え、前記NO_x排出量推定手段は、前記空燃比センサの出力に基づいて、前記NO_x排出量を推定する際のパラメータを調整することを特徴とする請求項2に記載の制御装置。

6. 前記トルク変動量推定手段は、前記第二燃焼領域通過時における燃料供給量及びエンジン回転数に基づいて、前記トルク変動量を推定することを特徴とする請求項2に記載の制御装置。

7. 前記トルク変動量推定手段は、前記燃焼領域切換時に、所定時間内でスロットル弁の開度を変化させて前記吸入空気量を変化させ、その際、前記スロットル弁の変化に対する前記吸入空気量の変化の時間遅れを補償するために行われる燃料供給量補正に起因して発生するトルク変動分に基づいて、前記トルク変動量を推定することを特徴とする請求項2に記載の制御装置。

8. 前記トルク変動量推定手段は、前記燃焼領域切換時に、点火時期をリタードさせ、その点火時期をリタードさせたことに起因して発生するトルク変動分を、前記燃料供給量補正に起因して発生するトルク変動分から減じた値に基づいて、前記トルク変動量を推定することを特徴とする請求項7に記載の制御装置。

9. エンジントルクを検出するトルクセンサを備え、前記トルク変動量推定手段は、前記トルクセンサの出力に基づいて、前記トルク変動量を推定する際のパラメータを調整することを特徴とする請求項2に記載の制御装置。

10. 前記スロットル弁の開度変化に対する前記吸入空気量の変化の時間遅れよりも短い時間で前記吸入空気量を変化させることができる空気量可変手段を備え、前記燃焼制御手段は、前記燃料供給量補正に起因して発生する前記トルク変動分が所定値以上となる場合に、前記空気量可変手段を用いて前記吸入空気量を変化させることを特徴とする請求項2に記載の制御装置。

11. 前記空気量可変手段として、開閉時間、開閉時期、及びリフト量のうちの少なくとも一つが可変とされた吸気弁が用いられていることを特徴とする請求項10に記載の制御装置。

12. 前記燃焼制御手段は、前記第二燃焼領域通過時において、目標空燃比の変化に対する、燃焼に供される混合気の空燃比の応答遅れが所定値以上となる場合、前記燃焼に供される混合気の空燃比を所定時間内で変化させるように燃料供給量を補正することを特徴とする請求項10に記載の制御装置。

13. 前記燃焼制御手段は、前記第二燃焼領域通過時において、燃料供給量の補正によって前記トルク変動が発生した際には、点火時期をリタードさせて前記トルク変動を抑制するようにされていることを特徴とする請求項12に記載の制御装置。

14. 前記第二燃焼領域通過時における混合気の空燃比、エンジン回転数、及びエンジントルクに基づいて、前記排気浄化装置入口の空燃比を推定する排気系モデルと、該排気系モデルにより推定された前記排気浄化装置入口の空燃比から前記混合気の空燃比を推定する排気系逆モデルと、を備え、前記燃焼制御手段は、前記第二燃焼領域を通過する期間が所定値以上である場合に、前記排気系逆モデルに基づいて、前記混合気の空燃比を変化させることを特徴とする請求項2に記載の制御装置。

15. 前記空燃比センサの出力に基づいて、前記排気系逆モデルのパラメータを調整することを特徴とする請求項14に記載の制御装置。

16. 前記燃焼制御手段は、前記燃焼領域切換時に、前記スロットル弁から前記空気量可変手段までの空気量の応答特性を変化せるべく前記スロットル弁の開度を調整し、前記スロットル弁の開度調整と同時に前記空気量可変手段の動作を調整して前記吸入空気量を前記スロットル弁開度調整以前の吸入空気量と同等とし、

その後、前記空気量可変手段の動作を制御して前記吸入空気量を変化させることを特徴とする請求項 10 に記載の制御装置。

17. 前記第一燃焼領域は、ストイキよりリッチな空燃比領域と規定されていることを特徴とする請求項 2 に記載の制御装置。

18. 前記排気浄化装置は、リーン NO_x 触媒であることを特徴とする請求項 2 に記載の制御装置。

19. 前記第二燃焼領域は、ストイキ及び前記リーン NO_x 触媒の NO_x 貯蔵効率が所定値以上となる空燃比領域と規定されていることを特徴とする請求項 18 に記載の制御装置。

20. 前記第三燃焼領域は、前記リーン NO_x 触媒の NO_x 貯蔵効率が所定値以上となる空燃比よりリーンな空燃比領域と規定されていることを特徴とする請求項 18 に記載の制御装置。

21. 前記エンジンが圧縮着火エンジンであり、前記排気浄化装置が三元触媒であることを特徴とする請求項 2 に記載の制御装置。

22. 前記第二燃焼領域は、ストイキ及び前記燃焼室の出口における NO_x 濃度が所定値以下となる空燃比領域と規定されていることを特徴とする請求項 21 に記載の制御装置。

23. 前記第三燃焼領域が、前記燃焼室の出口における NO_x 濃度が所定値以下となる空燃比よりリーンな空燃比領域と規定されていることを特徴とする請求項 21 に記載の制御装置。

24. 請求項 2 に記載の制御装置が適用されているエンジンを搭載した自動車。

図 1

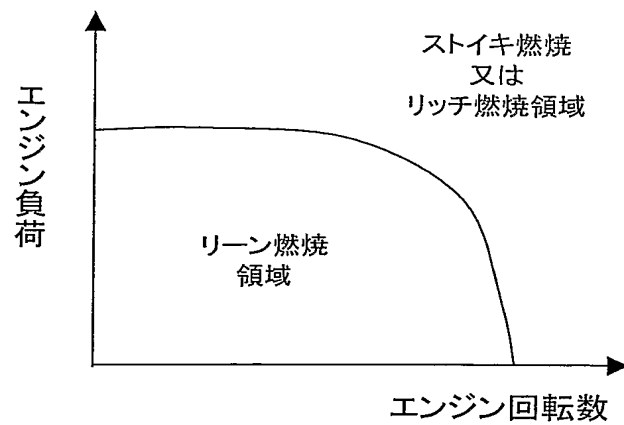


図 2

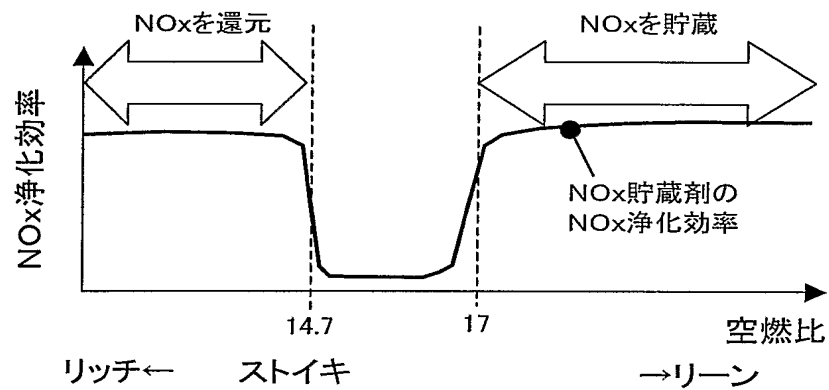


図 3

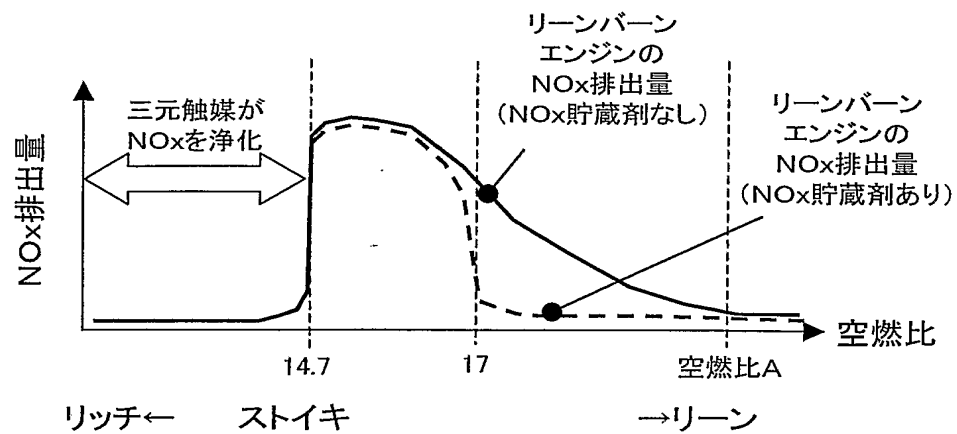


図 4

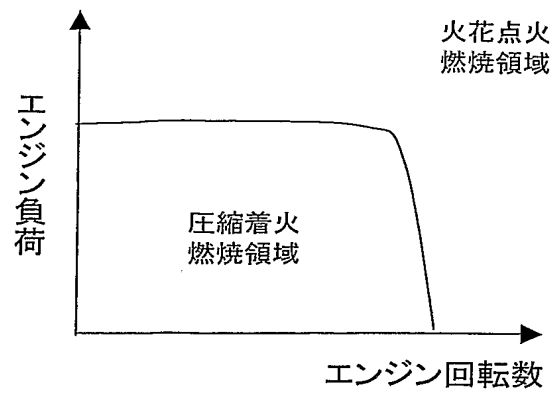


図 5

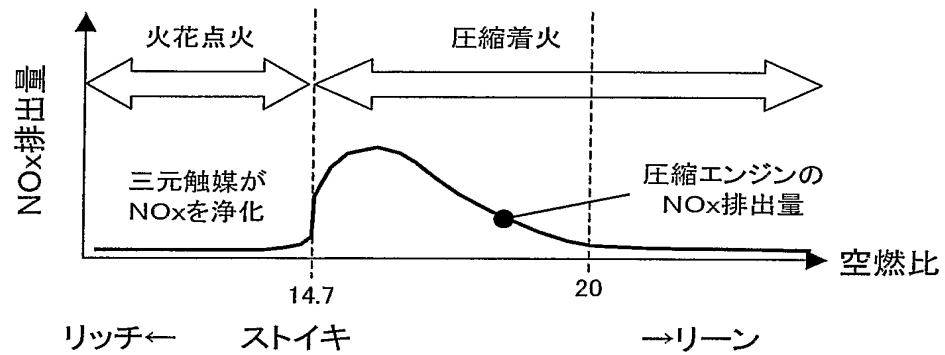


図 6

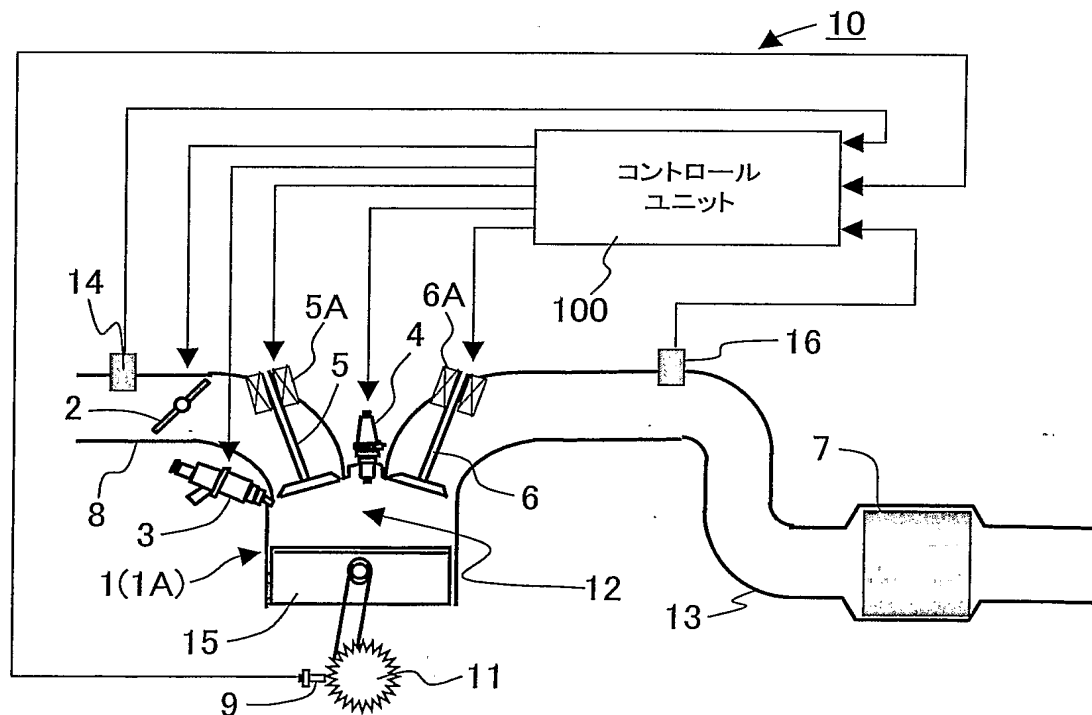


図 7

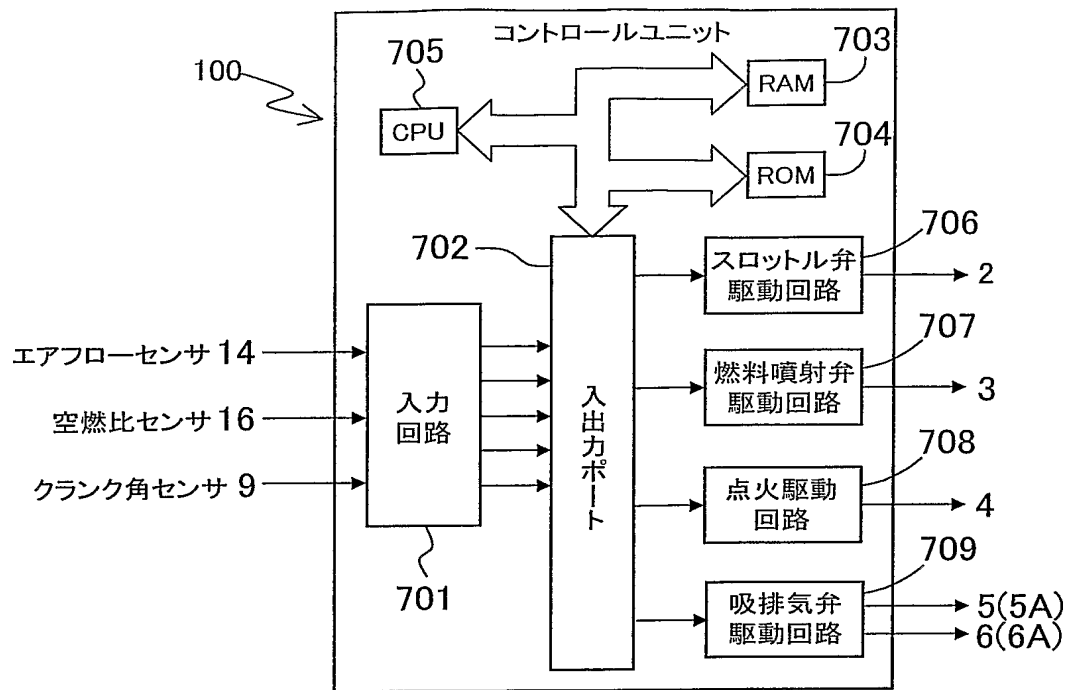


図 8

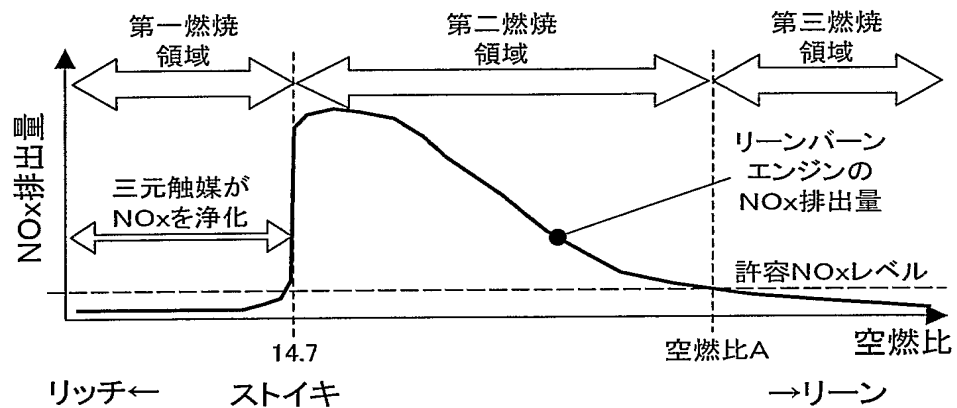
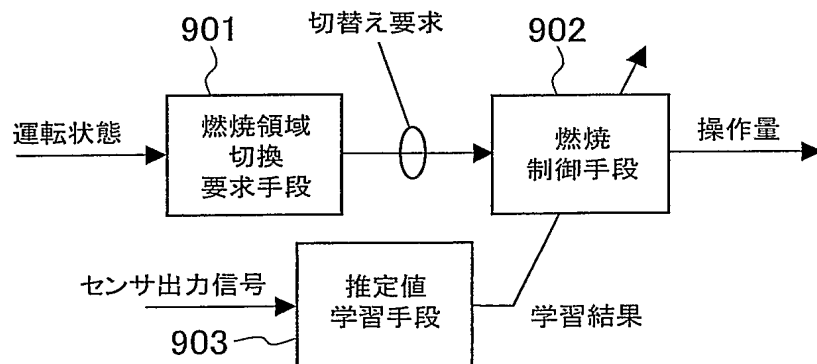


図 9



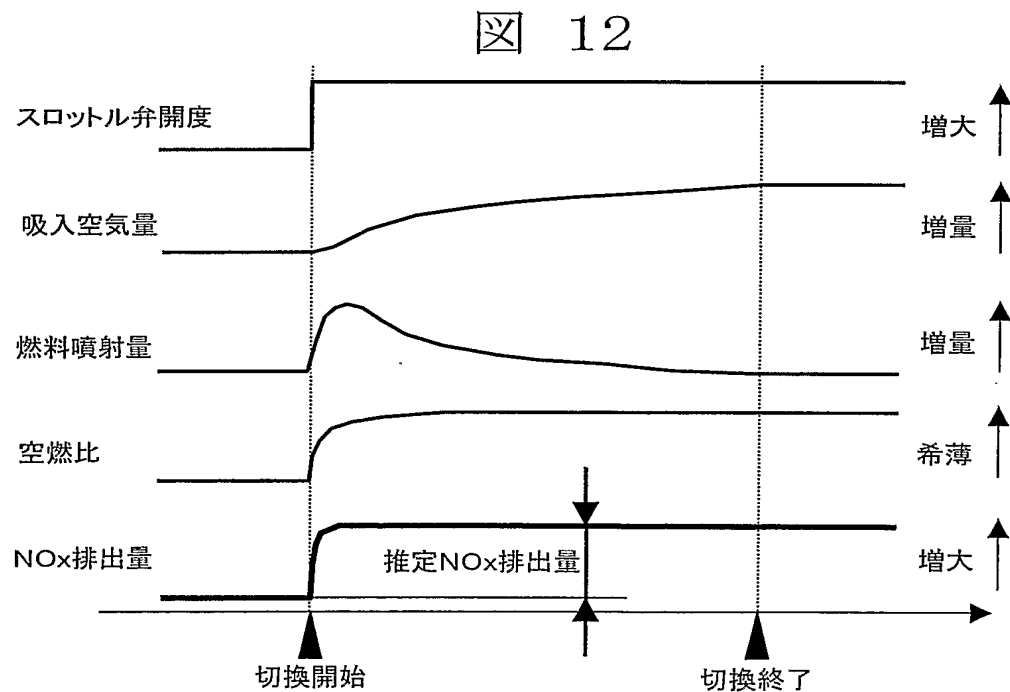
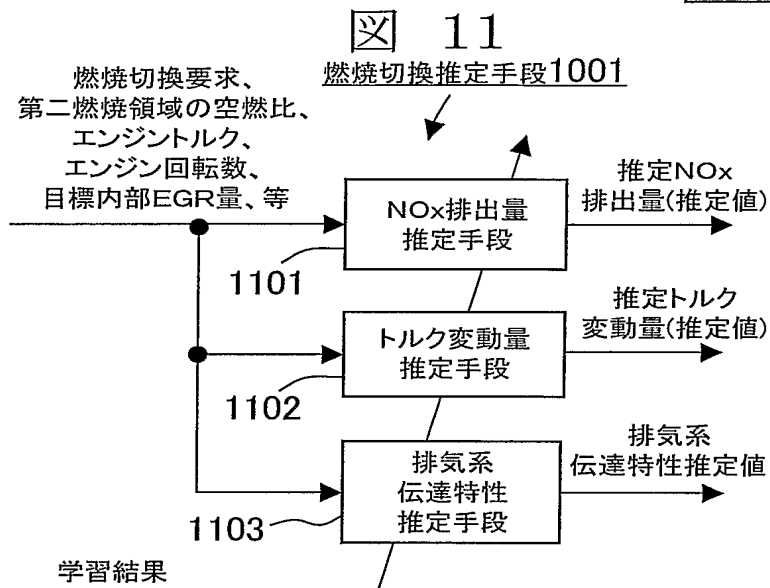
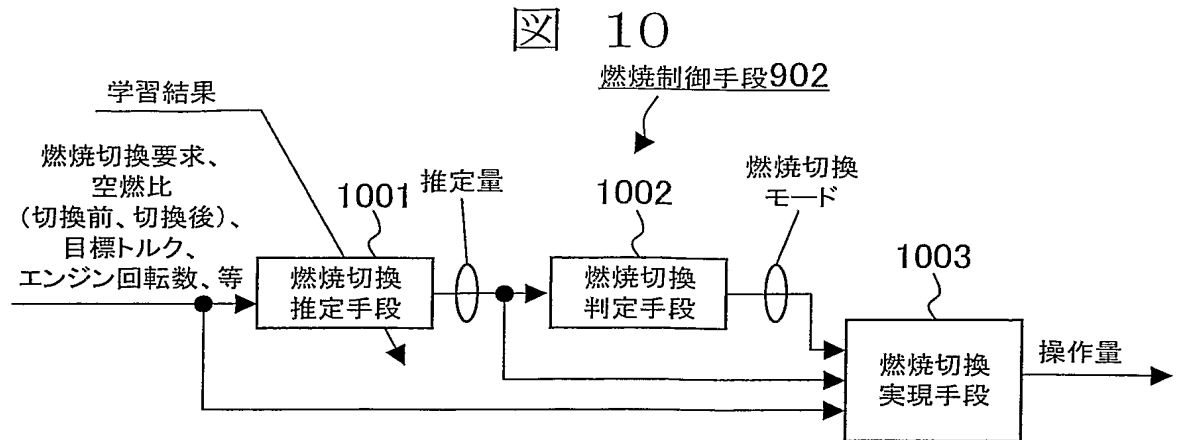


図 13

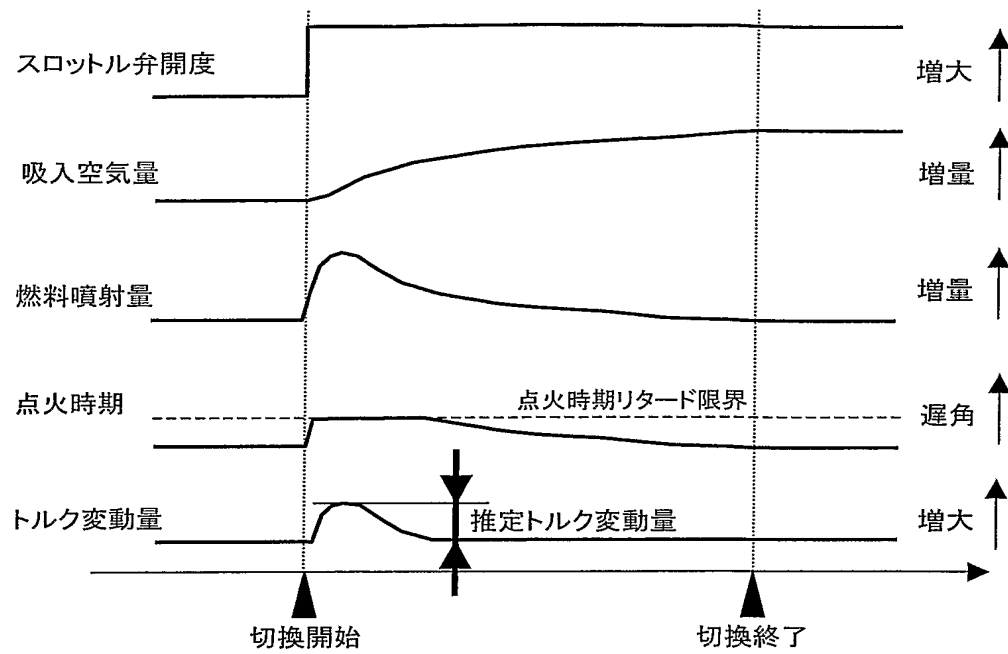


図 14

排気系伝達特性推定手段(1103)

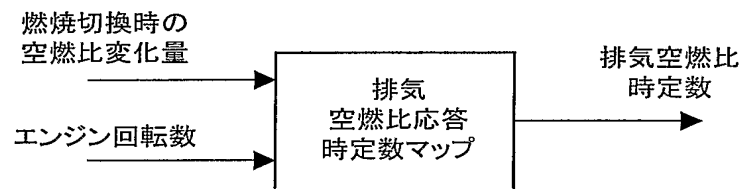


図 15

燃焼領域切換判定手段1002

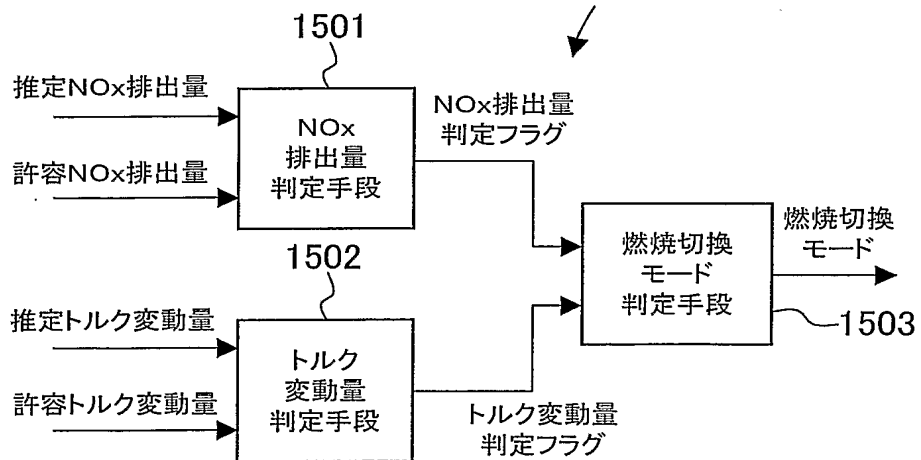


図 16

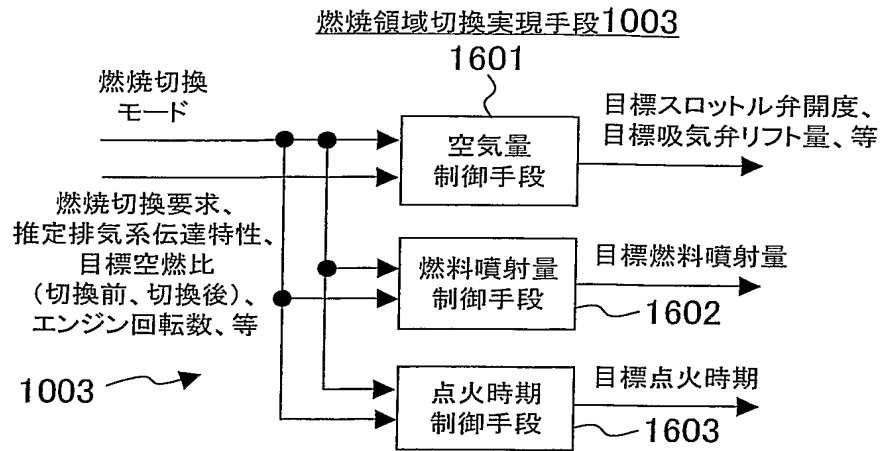


図 17

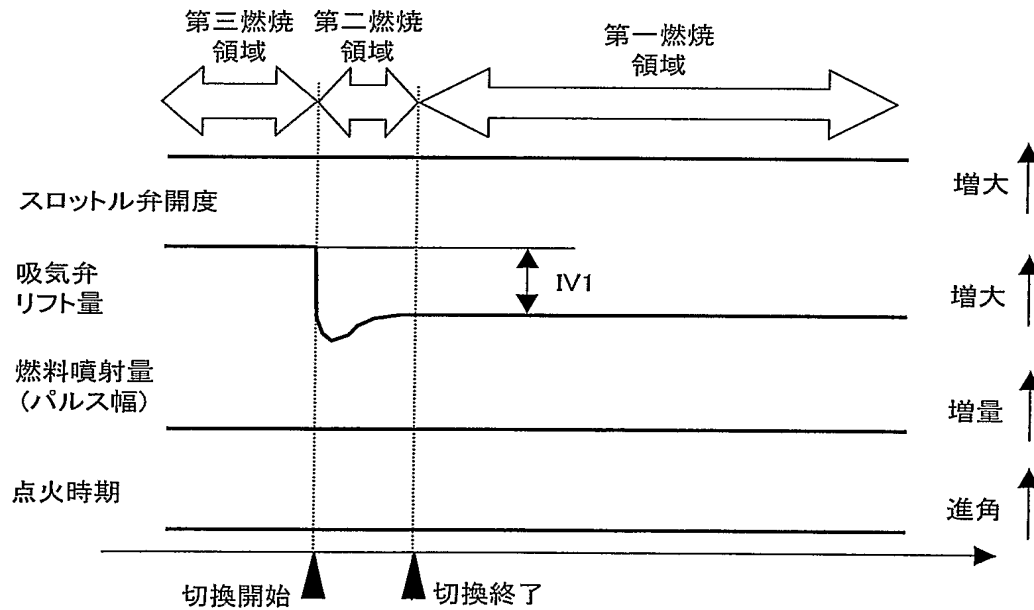


図 18

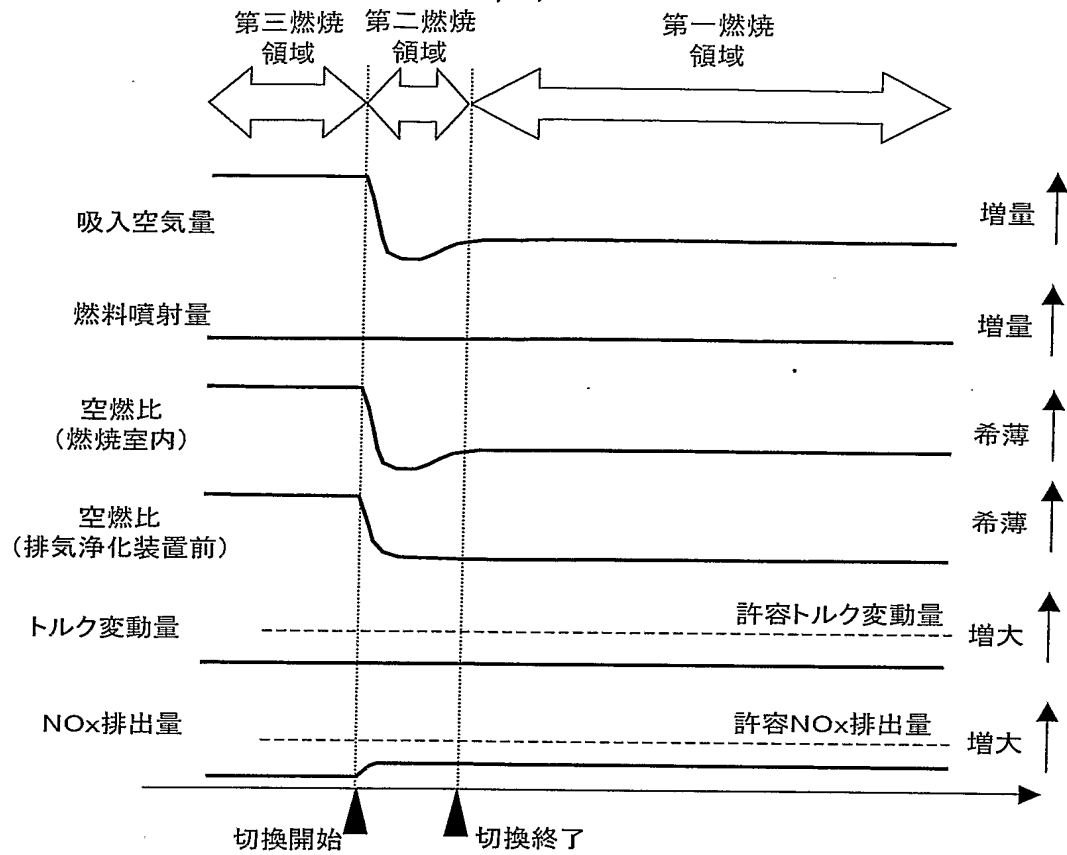


図 19

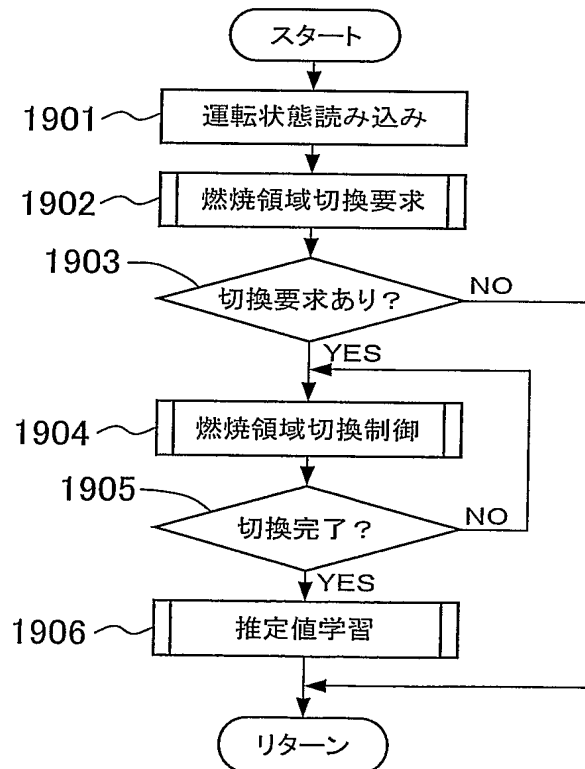


図 20

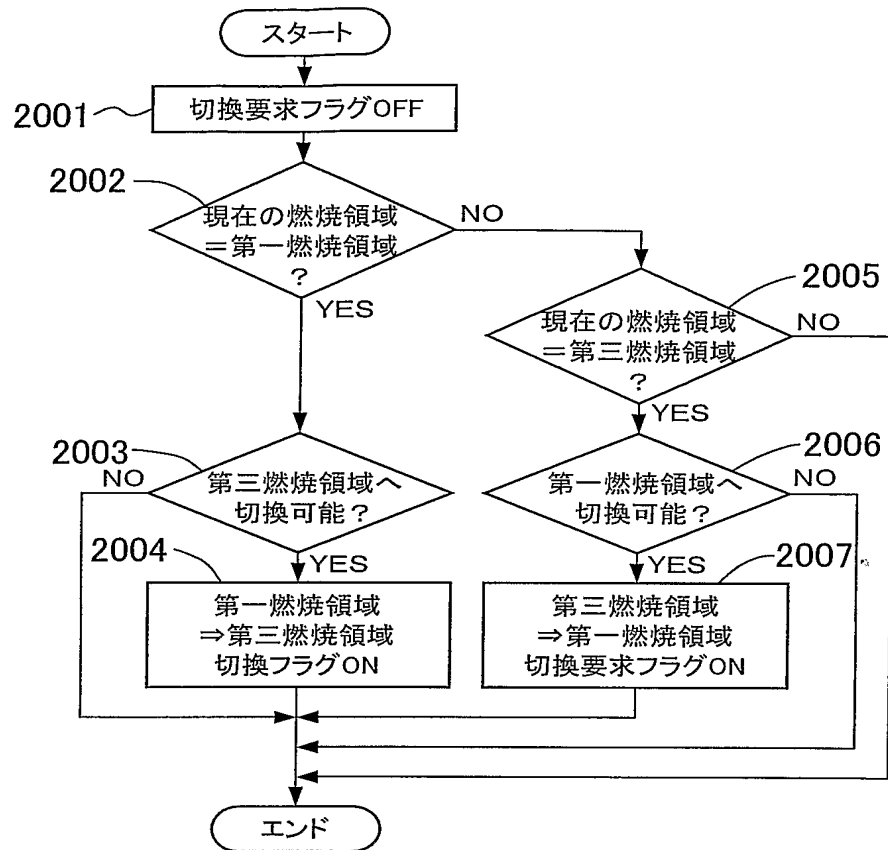


図 21

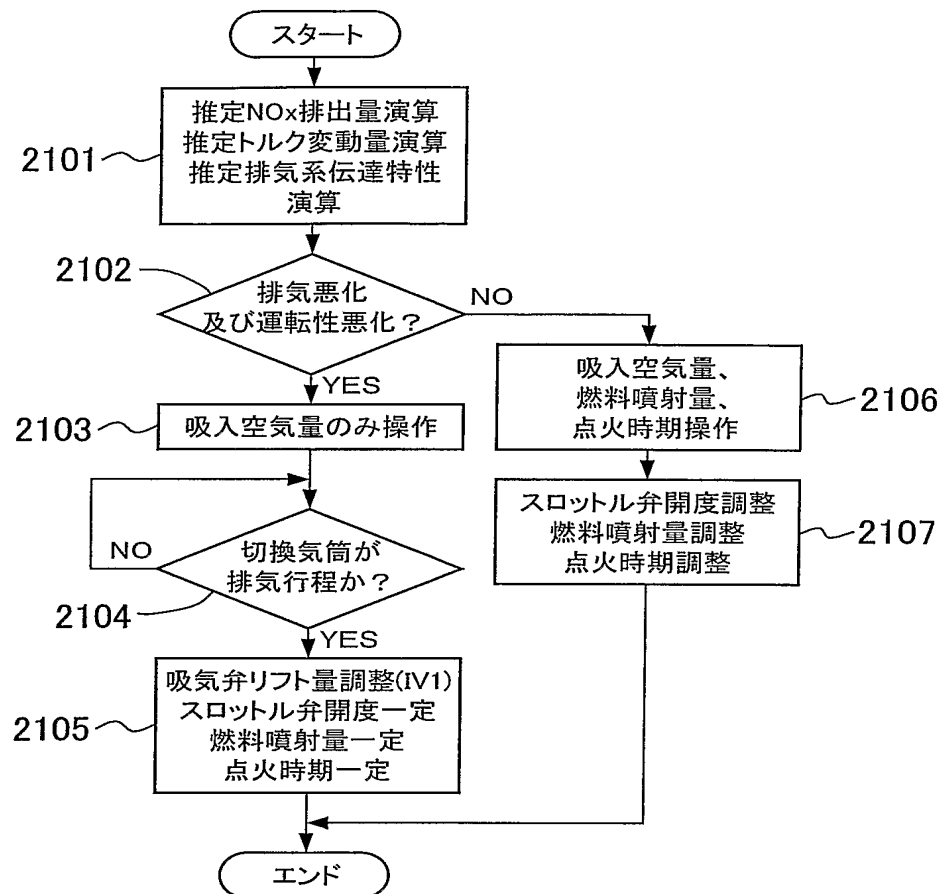


図 22

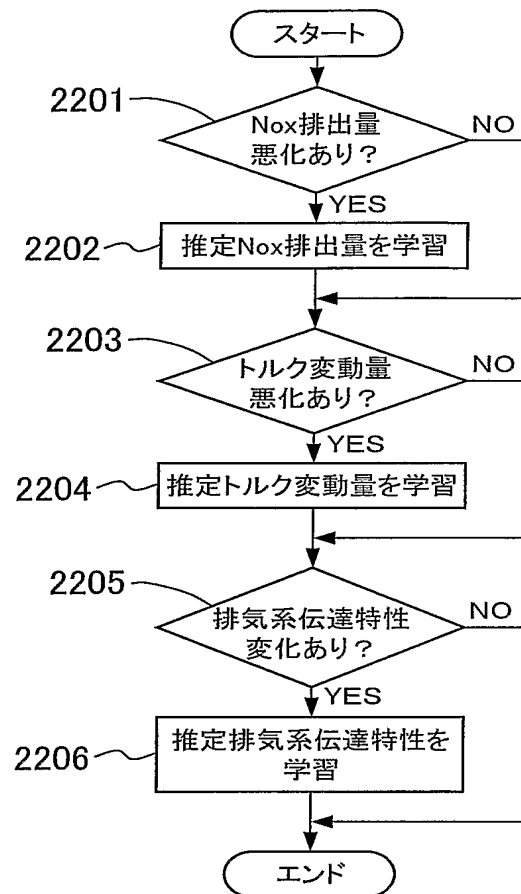


図 23

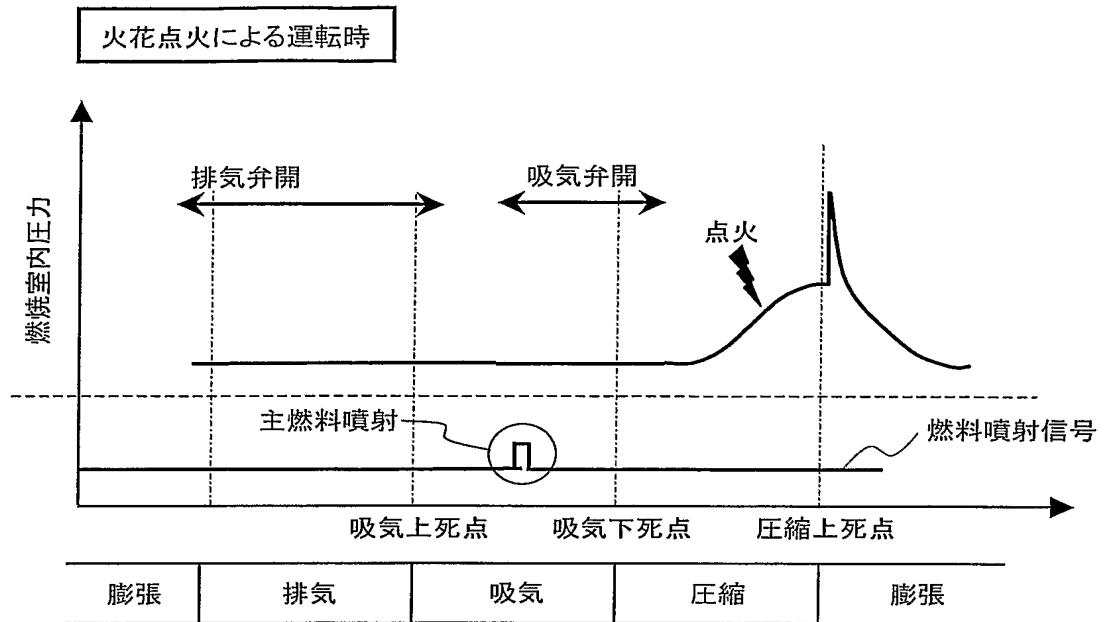


図 24

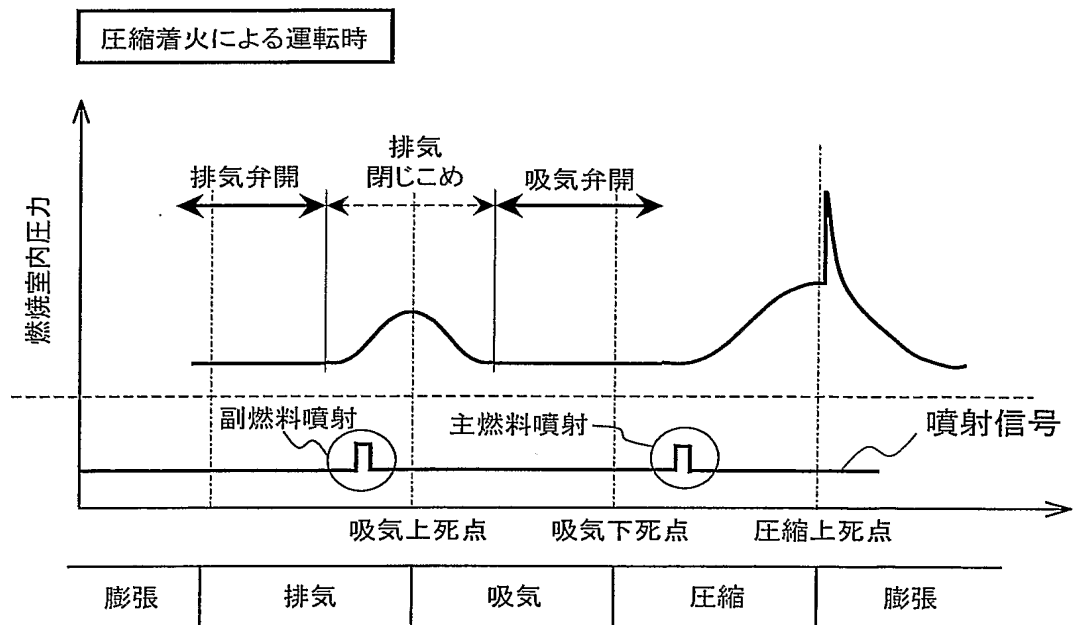


図 25

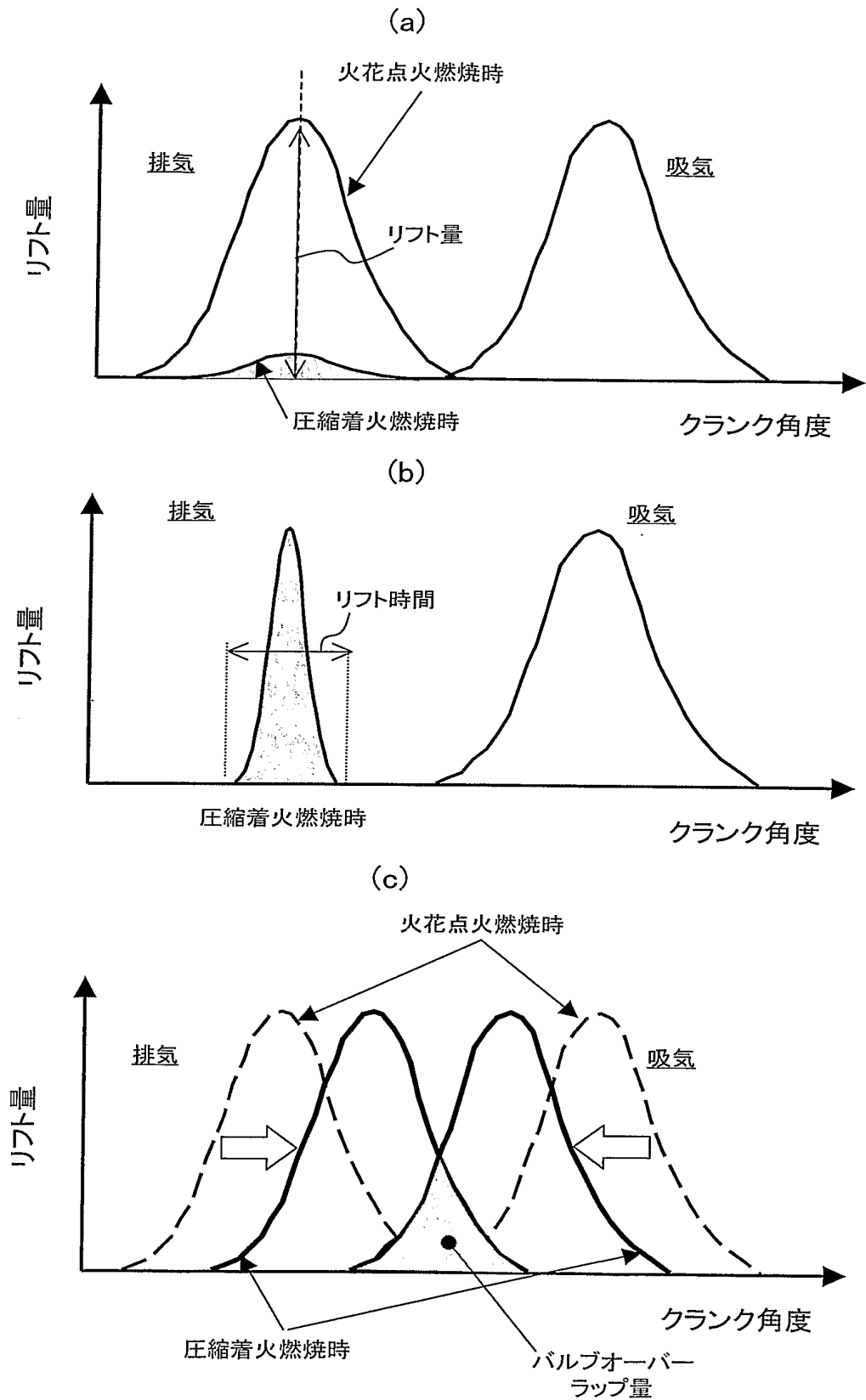


図 26

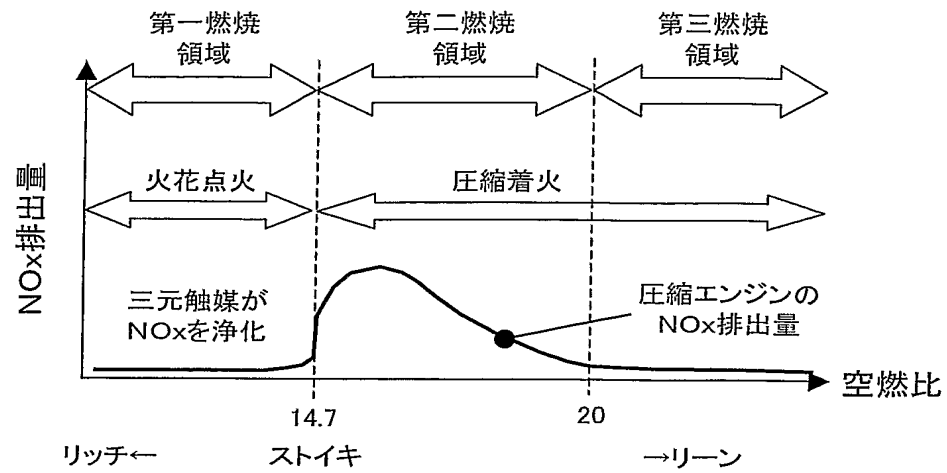


図 27

燃焼領域切換実現手段1003

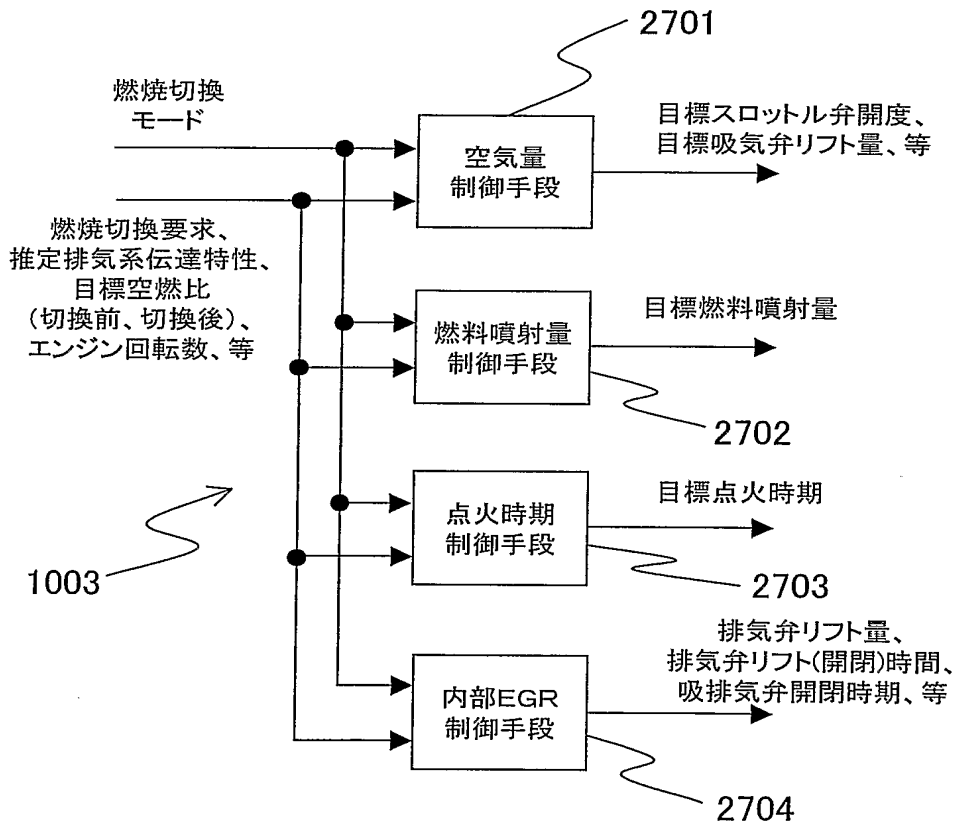


図 28

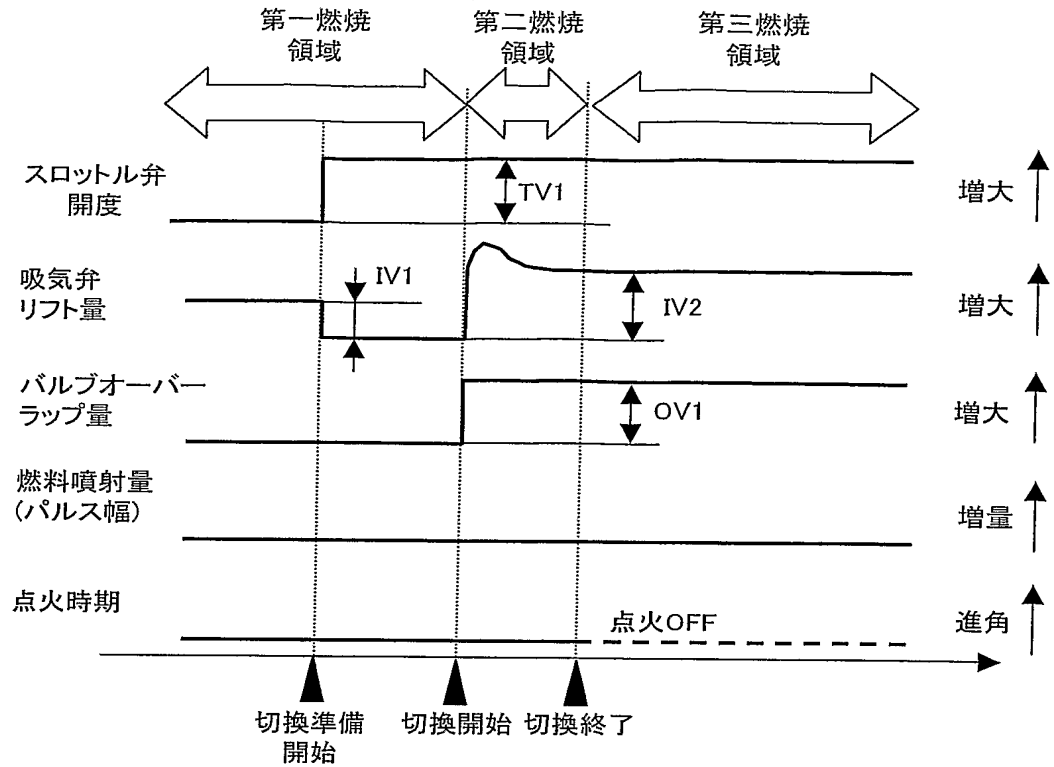
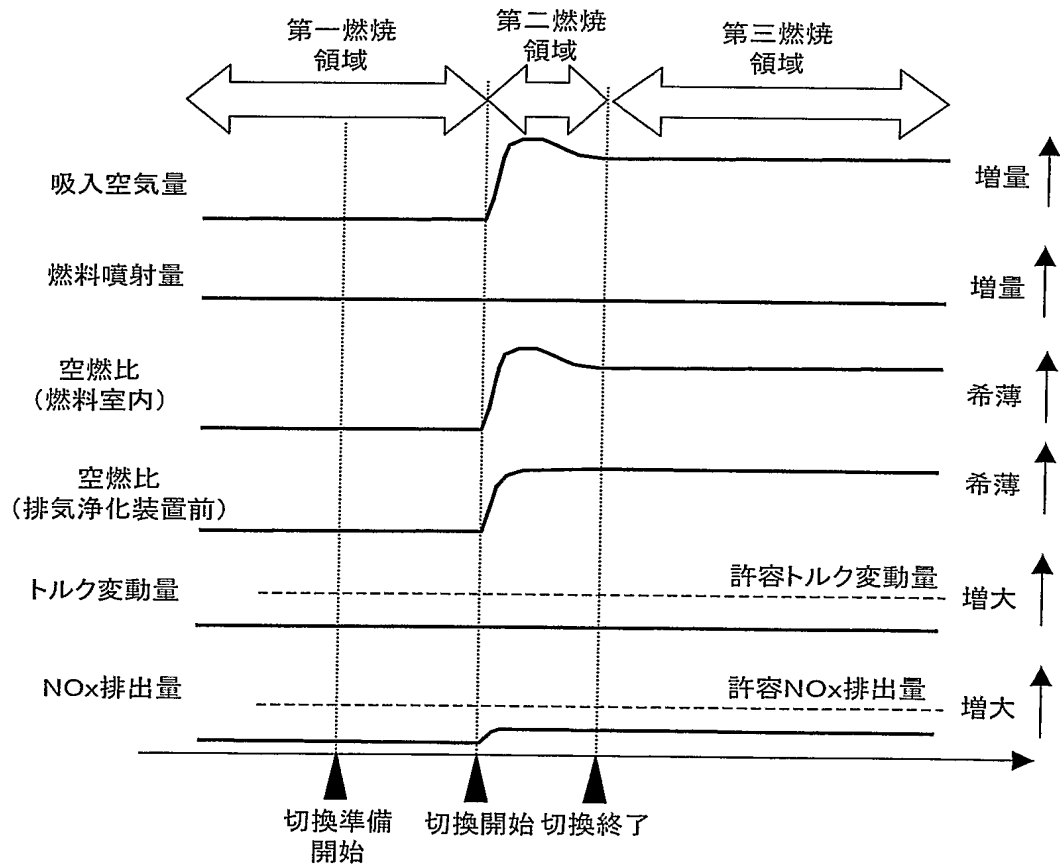


図 29



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/001334

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F02D41/04, F02D13/02, F02P5/15

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F02D41/04, F02D13/02, F02P5/15

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-158767 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 17 June, 1997 (17.06.97), Claims; Fig. 4 (Family: none)	1-24
A	JP 2002-97978 A (Mazda Motor Corp.), 05 April, 2002 (05.04.02), Claims; Fig. 9 (Family: none)	1-24
A	JP 2003-278589 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 02 October, 2003 (02.10.03), Claims; Fig. 5 (Family: none)	1-24

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 March, 2004 (29.03.04)

Date of mailing of the international search report
13 April, 2004 (13.04.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ F02D41/04, F02D13/02, F02P5/15

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ F02D41/04, F02D13/02, F02P5/15

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2004年
日本国登録実用新案公報 1994-2004年
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 9-158767 A (日産自動車株式会社) 1997. 06. 17, 特許請求の範囲, 図4 (ファミリーなし)	1-24
A	J P 2002-97978 A (マツダ株式会社) 2002. 04. 05, 特許請求の範囲, 図9 (ファミリーなし)	1-24
A	J P 2003-278589 A (日産自動車株式会社) 2003. 10. 02, 特許請求の範囲, 図5 (ファミリーなし)	1-24

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
29. 03. 2004

国際調査報告の発送日
13. 4. 2004

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
所村 陽一
3G 9718
電話番号 03-3581-1101 内線 3355